الخصائص النوعية للمياه الجوفية
باستخدام
نظم المعلومات الجغرافية GIS



الدكتور
شوان عثمان حسين



الخصائص النوعية للمياه الجوفية

باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS

رقم الإيداع لدى المكتبة الوطنية (2010/5/1831)

551.49
حسين،شوان عثمان

الخصائص النوعية للمياه الجوفية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية/ شوان عثمان حسين عمان: دار غيداء للنشر والتوزيع، 2010

( ) ص

ر.أ: (2010/5/1831).

الواصفات:/ المياه الجوفية// الجغرافيا الطبيعية

❖ تم إعداد بيانات الفهرسة والتصنيف الأولية من قبل دائرة المكتبة الوطنية

ISBN 978-9957-480-76-9



تلاع العلي - شارع الملكة رانيا العبدالله
مجمع العساف التجاري - الطابق الأول
تلفاكس : 5353402 6 962+
خلوي : 95667143 7 962+
ص.ب : 520946 عمان 11152 الأردن
E-mail: darghidaa@gmail.com

الخصائص النوعية للمياه الجوفية
باستخدام نظم المعلومات الجغرافية
GIS

الدكتور
شوان عثمان حسين

الطبعة الأولى
2011م - 1432 هـ

بِسْمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحْمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

﴿ بَلْ نَحْنُ مَحْرُومُونَ ﴿٦٧﴾ أَفَرَءَيْتُمُ ٱلْمَآءَ ٱلَّذِى تَشْرَبُونَ ﴿٦٨﴾ ءَأَنتُمْ أَنزَلْتُمُوهُ مِنَ ٱلْمُزْنِ أَمْ نَحْنُ ٱلْمُنزِلُونَ ﴿٦٩﴾ لَوْ نَشَآءُ جَعَلْنَٰهُ أُجَاجًا فَلَوْلَا تَشْكُرُونَ ﴿٧٠﴾ ﴾

(سورة الواقعة: الآيات 67 – 70)

الفهرس

الفصل الأول

الإطار النظري

الفصل الثاني

معطيات منطقة الدراسة

الفصل الثالث

التحليل المكاني للخصائص النوعية لمياه الآبار المدروسة

الفصل الرابع

التوزيع الجغرافي لخصائص المياه الجوفية في مدينة أربيل

فهرس الخرائط

فهرس الأشكال

فهرس الجداول

المقدمة

تعد المياه أهم مادة غذائية يتناولها الإنسان ولا يمكن استبدالها بمادة بديلة، وهي إحدى الثروات الطبيعية الموجودة على الأرض وإحدى عناصر البيئة. تستخدم المياه في الأنشطة المنزلية والصناعية والزراعية وغيرها. والمياه إحدى المتطلبات الأساسية لبقاء هذه الأنشطة وسبب رئيس لنموها وتطورها، لهذا لابد من إدارة مصادر المياه والحفاظ عليها بالكمية والنوعية المطلوبة.

تعد المدن مركزاً للتجمعات البشرية الكبيرة وممارسة الأنشطة الاقتصادية المختلفة لذا تتهدد المصادر المائية فيها بمشكلة التلوث، بسبب الفضلات الناتجة عن الاستعمالات المختلفة فيها، خاصة في الدول النامية التي تقل فيها خدمات البنية التحتية كتوفير شبكات الصرف الصحي للتخلص من المياه العادمة المنزلية والصناعية والزراعية، إذ تعد هذه المياه السبب الرئيس لتلوث مصادر المياه. من هنا جاءت ضرورة إنشاء قاعدة البيانات الجغرافية للخصائص النوعية في المياه الجوفية تضم جميع العوامل المؤثرة على تلوثها وتردي نوعيتها في منطقة الدراسة كالمعطيات الطبيعية والبشرية فضلا عن إنشاء قاعدة بيانات جغرافية للمياه الجوفية لإجراء المعالجات للحصول على المعلومات وعلى وفق الغرض من المعالجة. إذ كان لابد من البحث عن وسيلة فعالة للتعامل مع هذه المتغيرات. ونظراً لنجاح نظم المعلومات الجغرافية من خلال البرامج المعدة لهذا الغرض في حل كثير من المشاكل ذات البعد المكاني وإخراج المعلومات على نحو يفي باحتياجات المستخدم ويلبي رغباته. فانه يمكن تطبيقها في دراسة خصائص النوعية في المياه الجوفية بمنطقة الدراسة.

الهدف

يهدف البحث إلى إنشاء قاعدة بيانات جغرافية للخصائص النوعية في المياه الجوفية بمدينة أربيل باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، إذ تعد مدينة أربيل من المدن الكبيرة في العراق مساحة وسكاناً وتزداد الحاجة للمياه فيها كماً ونوعاً لمختلف الاستعمالات يوماً بعد يوم بسبب ازدياد عدد سكانها وارتفاع مستواهم المعيشي وانتشار الصناعة وغير ذلك من الأنشطة. وكذلك يهدف إلى إبراز خصائص هذه المياه ومعرفة نوعيتها وملوثاتها وتراكيزها وتقييم صلاحيتها لهذه الاستعمالات وعلى وجه الخصوص الاستعمال البشري. و إبراز أهمية تقنية GIS في بناء نماذج خرائطية وإنشاء قاعدة بيانات لإغراض التحليل المكاني في هذه الدراسة.

أهمية البحث

تكمن أهمية البحث في النقاط الآتية:

1- كون المياه ضرورية للحياة بالنسبة للإنسان والكائنات الحية، وأن تعرضها للتلوث يعني الأضرار بصحة الإنسان والكائنات الحية و إصابتهما بالأمراض وانتشار الأوبئة.

2- استخدام تقنيات حديثة تتمثل بنظم المعلومات الجغرافية في تقدير ملوثات المياه الجوفية وتحديد توزيعها المكاني.

3- تطوير ورفع مستوى متابعة نوعية مصادر المياه، عن طريق تحويل متابعتها من الأسلوب التقليدي الحالي إلى الأساليب التقنية الحديثة.

4- يقدم البحث إسهاماً معرفياً، نظراً لقلة البحوث والدراسات المحلية في مجال استخدام نظم المعلومات الجغرافية في دراسة تلوث مصادر الماء.

مشكلة البحث

تكمن مشكلة البحث في كيفية إعداد قاعدة بيانات جغرافية لمصادر تلوث المياه الجوفية وتقدير توزيعها المكاني على مستوى منطقة الدراسة.

مبررات اختيار الموضوع

إن اختيار هذا الموضوع يرجع لأسباب عديدة منها:

1- إن مدينة أربيل مركز لإقليم يحتضن (844867) نسمة وإن تزايد السكان أحدث زيادة في استهلاك المياه للاستعمالات المختلفة.

2- شهدت مدينة أربيل تطوراً كبيراً في مجالات عديدة انعكس على نوع الخدمات و الأنشطة الاقتصادية فيها.

3- لم يتناول نوعية المياه الجوفية في مدينة أربيل بهذا الأسلوب.

الفرض العلمي

ينطلق الفرض العلمي من التساؤلات الآتية:-

أن مدينة أربيل بتوسعها العمراني والسكاني واستخدامها للأنشطة المختلفة تتعرض بالتأكيد لتلوث المياه الجوفية ولكن هل أن المياه الجوفية في مدينة أربيل ملوثة بدرجة تسمح بالاستخدام البشري أم لا ؟ و ما هي نوعية ملوثات المياه وتراكيزها ؟ وما هي أسباب وجود الملوثات ؟ وأين تكمن مواقع التلوث وكيف يمكن السيطرة عليها ؟ وما هي المعالجات المطلوبة؟

المنهج العلمي

استخدم الباحث المنهج الاستقرائي مدعما بالأسلوب الكمي ومنهج تحليل نظم المعلومات الجغرافية القائم على المعالجة والتحليل للوصول إلى قرارات ذات دقة وكفاءة عالية.

الدراسات السابقة

من خلال البحث والتقصي عن الدراسات السابقة في موضوع خصائص النوعية للمياه الجوفية بمدينة أربيل، تبين أن هناك ثلاث دراسات هي:

1- دراسة الباحث عماد الدين عمر حسن (URBAN HYDROLOGY OF ERBIL CITY REIGN/1998) تناول فيها الجوانب الهيدرولوجية في إقليم مدينة أربيل، وخصص فيها فصلاً لدراسة نوعية المياه الجوفية وتلوثها بأخذ (35) عينة من المياه الجوفية، وتوصل الباحث إلى أن المياه الجوفية في مدينة أربيل يكثر فيها تراكيز البيكاربونات، وأظهرت تلوث بعض الآبار بالنترات. وهي مشروع للدكتوراه.

2- دراسة الباحث أسود قادر أحمد (تأثير تلوث البيئة على رأس المال البشري في مدينة أربيل للفترة 1990-2000/ 2005) تناول في جزء من البحث مصادر المياه في المدينة وأهم المشاكل التي تتعرض لها هذه المصادر معتمداً في ذلك على التقارير السنوية الصادرة من قبل شعبة حماية البيئة- أربيل. وهي مشروع للماجستير.

3- التقارير السنوية الصادرة من شعبة حماية البيئة التابعة لدائرة صحة أربيل لسنوات (2000-2001-2002) إذ قامت هذه الشعبة بنشر تقاريرها السنوية التي تضم جميع الفعاليات والنشاطات المختلفة من

أجل تحسين البيئة بما في ذلك متابعة مياه الشرب و مراقبتها من خلال إجراء التحاليل الكيماوية. واكتفت بعرض نتائج التحاليل الكيماوية فقط.

أما فيما يتعلق بالدراسات العربية والعالمية عن تلوث المياه باستخدام تقنية GIS ظهرت دراسات شبيهة أهمها هي:

1- دراسة الباحث السعودي ناصر عبد العزيز السعران (OPTIMAL INTERPOLATION AND ISARITHMIC MAPPING OF GROUNDWATER (SALINITY IN TEBRAK AREA, CENTRAL SAUDI ARABIA/2000 المنشورة في مجلة التصميم بالحاسوب على شبكة الانترنت، إذ تم في الدراسة تطبيق مبادئ الاستكمال المكاني لتقدير ملوحة المياه الجوفية بالمملكة العربية السعودية.

2- دراسة تطبيقية أجراها معهد البحوث والنظم البيئية (ESRI) في كتاب USING GEOSTATISTICAL ANALYST, USA,2001 وضح فيه كيفية استخدام ملحق محلل الإحصاء الأرضي في دراسة تلوث الهواء في مدينة كاليفورنيا الأمريكية.

هيكلية البحث

يتألف البحث من أربعة فصول فضلا عن المقدمة والاستنتاجات والمقترحات، وضح الفصل الأول مفاهيم عن تلوث المياه و نظم المعلومات الجغرافية فضلا عن مصادر البيانات والبرامج المستخدمة. واحتوى الفصل الثاني وصفاً لمنطقة الدراسة من حيث الموقع والمساحة والخصائص الطبيعية والبشرية التي لها علاقة بموضوع تلوث المياه وتأثيراته. بينما عالج الفصل الثالث دراسة التحليل

المكاني لخصائص المياه الجوفية وتقييم درجة صلاحيتها لمعرفة نوعية ملوثاتها وتراكيزها و قياس نمط انتشارها باستخدام الارتباط الذاتي المكاني. أما الفصل الرابع فتناول التوزيع الجغرافي لظاهرة تلوث المياه الجوفية من خلال تقدير عناصرها الملوثة على خرائط خطوط التساوي بشكل طبقات، لكل عنصر طبقة تمثل نوعاً معيناً من التلوث.

مشاكل البحث

واجهت الباحث مشاكل عديدة كون منطقة الدراسة واسعة وتتمثل هذه المشاكل في:

1- الخاصة بالدراسة وصعوبة الحصول علي البيانات الأمر الذي جعل الباحث يلجأ إلى الدراسة الميدانية وزيارة المناطق على نحو مباشر.

2- قلة الدراسات والبحوث التي تناولت موضوع التلوث في مدينة أربيل.

مصادر البحث

اعتمد الباحث على عدة مصادر تمثلت في:

1- المصادر المكتبية.

2- البحوث المنشورة رغم قلتها.

3- البرامج الجاهزة.

4- الإحصاءات الرسمية بالاعتماد على الدوائر والمؤسسات الحكومية ذات العلاقة.

5- الزيارات الميدانية واللقاءات الشخصية.

نتائج البحث

توصل الباحث إلى جملة استنتاجات أهمها:

1- أن مدينة أربيل من المدن الكبيرة التي توسعت في السنوات الأخيرة من حيث المساحة والسكان إذ يبلغ عدد سكانها في الوقت الحاضر (844867) نسمة وتشغل مساحة قدرها (68.534)كم2 يتوزع فيها (55) حياً سكنياً.

2- إمكانية استخدام وسيلة نظم المعلومات الجغرافية في إنشاء قاعدة البيانات الجغرافية للخصائص النوعية في المياه الجوفية بالاعتماد على البيانات ورسم الخرائط بشكل طبقات تظهر كل طبقة نوع التلوث ونمطه وإمكانية دمج هذه الطبقات في خارطة واحدة لإبراز ظاهرة التلوث.

3- أظهرت الدراسة باستخدام الارتباط الذاتي المكاني، إمكانية معرفة نمط انتشار العناصر الملوثة في المياه الجوفية ودرجة معنوية هذا الانتشار.

4- تم تصنيف المياه اعتمادا على المعايير المعتمدة في الدراسة من حيث صلاحيتها للاستخدام البشري إلى جيدة ومتوسطة وغير صالحة وأبرزت مايأتي:

أ- الخصائص الطبيعية/ مقبولة ولم يظهر فيها التلوث.

ب- الخصائص الكيماوية/ ظهر التلوث بعنصري النترات والقلوية الكلية.

ج- الخصائص الحيوية/ ظهر التلوث في مجموعة من الآبار.

5- تطور الأنشطة الاقتصادية في المدينة التي تشمل النشاط الصناعي والتجاري والخدمي والزراعي يتطلب استهلاك كميات كبيرة من المياه لهذه الأنشطة وما تخلفه هذه الأنشطة من فضلات يتطلب قنوات الصرف الصحي على النحو الذي يؤمن انسيابية المياه فيها، إذ أن مدينة أربيل تفتقر لهذه الشبكات الأمر الذي يجعل احتمالية زيادة نسبة تلوث المياه كبيرة.

6- شهدت مدينة أربيل تطوراً كبيراً في مجالات عديدة وانعكس ذلك على نوع الخدمات و الأنشطة الاقتصادية فيها.

الفصل الاول

الإطار النظري

1 – 1 تلوث المياه

1 – 2 نظم المعلومات الجغرافية

1 – 3 مصادر البيانات والبرامج المستخدمة

الفصل الاول

1-1 تلوث المياه

1- 1- 1 تمهيد

تعد المياه إحدى عناصر البيئة الطبيعية التي يتعامل معها الإنسان وهي أهم مقومات بقائه وديمومة حياته وأن أي تأثير على هذا العنصر يؤثر سلبا على حياته، لذا من الضروري إيضاح مفهومي البيئة والتلوث، لاسيما وأن مشكلة البحث تتناول تلوث المياه التي تقع ضمن إطار المشكلات البيئية.

تعد البيئة (ECO) المحيط الذي تعيش فيه الكائنات الحية وتشمل عناصر مختلفة يتعامل معها الإنسان وجميع الكائنات الحية ولا يستطيع الاستغناء عنها وتمثل هذه العناصر بأنظمة ثابتة هي الماء والهواء والتربة التي من خلالها يوفر كل مستلزمات الحياة لهذه الكائنات. ويمكن تعريف مفهوم البيئة "بأنها المحيط بجميع عناصره المختلفة، ومجموعة الظروف والعوامل التي تعيش فيها الكائنات الحية، وتتفاعل معها وتتأثر بها وتؤثر فيها، وهذه العناصر هي، نظام الماء، ونظام الهواء، ونظام الأرض (التربة)"[1]. يمكن تصنيف مكونات البيئة إلى: [2]

1- المكونات الحية، وتشمل كل الكائنات الحية الموجودة على الأرض، أي الإنسان والحيوان والنبات.

2- المكونات غير الحية (الفيزيائية)، وهي أغلفة الأرض الثلاثة (الهوائي- المائي- الصخري)، فضلا عن عناصر المناخ.

---

(1) جمال أحمد الحسين، الإنسان وتلوث البيئة، دار الأمل، اربد، 2004، ص15.

(2) أحمد الفرج العطيات، البيئة،الداء والدواء، دار الميسرة، عمان، 1997،ص24.

حينما تتعرض البيئة إلى أي خلل في مكوناتها تعد غير صالحة للعيش فيها، ومن أهم المشاكل التي تعاني منها هو التلوث بأشكاله كافة، إذ يؤثر في فقدان صلاحية وكفاءة عناصر البيئة لعيش وديمومة الحياة ويعرض حياة هذه الكائنات للخطر ولاسيما الإنسان الذي يعد السبب الرئيس لها. وأصبح التلوث الآن بعد التطورات الحديثة وتقدم الوسائل يشكل مصدر قلق للبشرية جميعاً. لذا من الضروري جداً إعطاء صورة واضحة لهذه الظاهرة من حيث مفهومها ومصادرها والعناصر التي تؤثر فيها.

فالتلوث بمفهومه العام يعني تغيير فيزيائي أو كيماوي أو أحيائي لأجزاء المحيط الحيوي(*) من هواء وماء وتربة بسبب تعرضها للعناصر والمركبات المختلفة الناتجة من النشاط الصناعي والزراعي والسكاني وبذلك يصبح الجزء الملوث غير ملائم للحياة الطبيعية، وبمعنى أخر هو كل تغير ناتج عن تدخل البشر في النظم البيئية (نظام الهواء، ونظام الماء، نظام التربة) يسبب ضررا على نحو مباشر أو غير مباشر للكائنات الحية[1].

للتلوث مصادر عديدة، يمكن تقسيمها إلى: [2]

1- **مصادر طبيعية**: التي ليس للإنسان دخل فيها، منها الأبخرة والغازات المندفعة من البراكين، وما يصاحبها من دقائق الغبار والحمم البركانية، و أكاسيد النيتروجين المتشكلة في الهواء نتيجة الانفراج الكهربائي عند

(*) المحيط الحيوي: يعني ذلك الجزء من أغلفة كوكب الأرض الذي تعيش فيه الكائنات الحية بأنواعها المختلفة. ينظر: جمال أحمد الحسين، المصدر السابق، ص17.

(1) أيمن سليمان مزاهرة و علي فالح الشوابكة، البيئة والمجتمع، دار الشروق، عمان، 2003، ص104.

(2) علياء حاتوغ بوران و محمد حمدان أبودية، علم البيئة، ط2، دار الشروق، عمان، 2000، ص223.

حدوث الرعد، فضلا عن بعض الشوائب الطبيعية من المواد الجيولوجية التي يمر خلالها الماء مثل الكلوريدات والزرنيخ والبورون إذا زادت عن حدها المسموح وغيرها.

2- **مصادر بشرية:** وهي ترتبط على نحو مباشر أو غير مباشر بالأنشطة البشرية، مثل المخلفات الغازية والسائلة والصلبة من الأنشطة الصناعية والزراعية والمنزلية، وغيرها.

وعلى أساس تباين الآثار المختلفة على النظام البيئي يمكن تقسيم التلوث إلى ثلاث درجات : [1]

1- التلوث المقبول.

2- التلوث الخطر.

3- التلوث المدمر (انهيار النظام البيئي).

ففي الحالة الأولى تستطيع الأنظمة البيئية تحمله ولا يشكل خطرا عليها، أما الحالة الثانية فهي تعد حالة متقدمة من مراحل التلوث البيئي، إذ أن كمية الملوثات ونوعيتها تؤديان إلى أحداث خلل بالأنظمة البيئية جميعها وقد تكون قادرة على التنقية الذاتية ولو بعد حين. أما الحالة الأخيرة عندها ينهار النظام البيئي ويصبح غير قادر على التنقية الذاتية وعلى البقاء.

والتلوث على أنواع من حيث تأثيره إذ يشمل:

1- تلوث الهواء

---

(1) رجاء وحيد دويدري ، المرجع في التوسع الحضري المعاصر في الوطن العربي وأثاره البيئية في الموارد المائية، منشورات جامعة دمشق، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، مطبعة الداودي، بدون مكان الطبع، 2004، ص120.

2- تلوث المياه

3- تلوث التربة

والذي يهمنا في موضوعنا الذي نحن بصدده دراسة مشكلة تلوث المياه.

1- 1- 2 مفهوم تلوث المياه

أن الماء العذب الخالي من الشوائب والمواد الغريبة تماما، غير موجود في الطبيعة، وهذا يعود إلى أن الماء يمتلك القدرة الفائقة على إذابة معظم المواد المعروفة. فمياه الأمطار تذيب وتأخذ معها المواد الغازات المتواجدة في الهواء أثناء هطولها، وعندما تجري المياه على سطح الأرض، تأخذ وتذيب وتجر كثيرا من المواد والملوثات، والمياه الجوفية تذيب أملاح التربة وتأخذ معها الغازات والمواد الصغيرة [1].

يتلوث الماء بتغير خواصه أو صفاته الطبيعية، لذلك يعرف تلوث المياه بأنه "تغير يطرأ على الصفات الطبيعية للماء يجعله مصدرا حقيقيا للمشاكل أو يجعله غير صالح للاستخدامات المختلفة" [2]. وهذا ما أكدت عليه منظمة الصحة العالمية عندما عرفت تلوث المياه "بأنه أي تغير في تركيب عناصر المياه أو تحويل حالتها بصورة مباشرة أو غير مباشرة بسبب نشاط الإنسان، بحيث تصبح حالة المياه أقل صلاحية للاستعمالات الطبيعية المخصصة" [3].

---

(1) جمال أحمد الحسين، المصدر السابق، ص102.

(2) نفس المصدر، ص101.

(3) موفق عدنان الحميري ونبيل زعل الحوامدة، الجغرافية السياحية في القرن الحادي والعشرون، مطبعة الحامد، عمان، 2006، ص239.

ولتحديد نوعية المياه ودرجتها، توجد فحوصات كيماوية وفيزيائية وحيوية تجري حسب الهدف المراد تحقيقه من إجراء الفحص مثل :[1]

1- الحكم على مدى صلاحية أو عدم صلاحية موارد المياه للاستعمالات المختلفة(الشرب، الصناعة، الزراعة.....الخ).

2- معرفة درجة التلوث للمياه ونوعيتها، ودرجة المعالجة اللازمة للتخلص من الملوثات.

3-الحكم على كفاءة عمليات المعالجة لمحطات التنقية والطرائق المختلفة المتبعة في ذلك.

1- 1- 3 الملوثات المائية

يمكن تقسيم الملوثات المائية إلى الأنواع التالية:

1-1-3-1 حسب خصائصها الطبيعية:

أ- الملوثات الحيوية

هي مجاميع الكائنات الحية الدقيقة المرضة كالبكتريا والفيروسات والطفيليات التي تدخل إلى المياه عادة مع الفضلات البشرية والحيوانية، فتسبب العديد من الأمراض عن طريق الشرب أو الاستخدامات المختلفة، لاحظ الجدول (1-1) [2].

(1) سامح الغرايبة ويحيى الفرحان، المدخل إلى العلوم البيئية، ط4، دار وائل، عمان،2003، ص278.

(2) حسين علي السعدي، أساسيات علم البيئة والتلوث، دار اليازوري، عمان، 2006، ص355.

الجدول (1-1)

أهم الأمراض التي تنتقل بواسطة مياه الشرب الملوثة

ت	نوع الكائن الحي	بعض الأمراض التي تسببها
1	البكتيريا	التيفوئيد الكوليرا الزحار الالتهابات المعوية
2	الفيروسات	التهاب الكبد الوبائي شلل الأطفال الاسهالات المعوية الفيروسية
3	الحيوانات الأولية(البروتوزورا)	الاسهالات الأميبية
4	الطفيليات	البلهارسيا الاسكارس

المصدر: سامح الغرايبة ويحيى الفرحان، المدخل إلى العلوم البيئية، ط4، دار الشروق، عمان، 2003، ص314.

ب- الملوثات الكيماوية

وتشمل مدى واسعاً جداً من المواد الملوثة والأكثر انتشاراً في البيئة. وعند تواجد الملوثات الكيماوية بتراكيز عالية سوف تعمل على تغيير الخصائص الكيماوية أو الطبيعية للمياه وتلوثها. كالأملاح والمعادن الثقيلة وبقايا الأسمدة

والمبيدات [1]. ففيما يتعلق بالأملاح تحتوي المياه في الطبيعة على نسبة معينة منها، وتسهم مياه العادمة المنزلية والصناعية وفي بعض الأحيان مياه الأمطار في إثراء الأملاح فيها، وإذا زاد تركيز الأملاح في مياه الشرب عن حده المسوح يؤدي إلى عدد من الأمراض فضلا عن تغيير طعمها وجعلها غير مستساغة [2]. أما المعادن الثقيلة، فإن تراكيزها لا تتعدى بعض الأجزاء في المليون جزء من الماء ألا أنها شديدة الخطورة لسميتها،لاحظ الجدول (1-2).

الجدول (1-2)

أنواع المعادن الثقيلة ومصادرها وتأثيراتها

المعدن	بعض المصادر	الأهمية والتأثير
الزرنيخ	النفايات الكيماوية والصناعية	سام ويعتقد تسببه بالسرطان
الكروم	الصناعات المعدنية والدهانات	سام على شكل كروم سداسي
النحاس	الصناعات المعدنية، والنفايات الصناعية	عنصر ضروري للأحياء، وسام بالنسبة للنباتات عند التركيز العالي
الرصاص	النفايات الصناعية، احتراق الوقود	سام
المنغنيز	النفايات الصناعية، النشاطات الميكروبيولوجية، المياه المعدنية	سام للنباتات

(1) نفس المصدر، ص292.

(2) جمال أحمد الحسين، المصدر السابق، ص105.

الزئبق	النفايات الصناعية، الفحم	سام
الخارصين	النفايات الصناعية، الصناعات المعدنية	عنصر ضروري إلا أنه سام للنباتات عند وجوده بتراكيز عالية

المصدر/ جمال أحمد الحسين، الإنسان وتلوث البيئة، دار الأمل، اربد، 2004، ص15.

ج- الملوثات الطبيعية

وهي كافة أنواع الملوثات التي لا تنتمي إلى أي من فئتي الملوثات السابقة وأهمها تلوث الإشعاعات الذرية والنووية وهي الملوثات الأشد خطورة [1].

2-3-1-1 حسب تركيبها الكيماوي [2]

أ- مواد عضوية: وتشمل المواد التي تكون غنية بالكلور مثل بعض المبيدات الحشرية، كما أن هناك مواد عضوية غنية بالفسفور وأخرى غنية بالمعادن.

ب- مواد غير عضوية: قد تكون على هيئة أيونات كالايونات الموجبة مثل الزنك والنحاس والحديد أو الايونات السالبة مثل النترات والفوسفات. أو تكون غير أيونية مثل المعادن الثقيلة كالزئبق والرصاص والكامديوم والزرنيخ.

(1) رجاء وحيد دويدري، البيئة، دار الفكر، دمشق، 2004، ص201.

(2) حسين علي السعدي، المصدر السابق، ص292-293.

1-1-3-3 حسب درجة تحللها:

أ- مواد قابلة للتحلل: هي المواد التي يمكن تحللها أو تفكيكها من قبل المحللات وتكون أقل خطورة في تلوث المياه. وتأثيرها السلبي يزول حال تحللها كاملا.

ب- مواد غير قابلة للتحلل: تشمل المواد الكيماوية والصناعية ذات التأثير التراكمي في البيئة التي لا يمكن تحللها مثل مبيدات الحشرات ومبيدات الفطريات ومواد البلاستيك وغيرها.

1-1-3-4 حسب درجة سميتها:

أ- المعادن: كالرصاص والنيكل والزنك والنحاس والزئبق وغيرها من المعادن الثقيلة التي يكون مصدرها على الأغلب من العمليات الصناعية والزراعية.

ب- المركبات العضوية: كالمبيدات العضوية المكلورة ومبيدات الأدغال والمركبات المعدنية العضوية، وتأتي من الفضلات الصناعية والزراعية والمنزلية.

1- 1- 4 مصادر تلوث المياه الجوفية

يمكن تلخيص مصادر ملوثات المياه الجوفية بما يأتي: [1]

أ- المصادر الحضرية URBAN POLLUTION

1- مكاب النفايات وأماكن تصريف المياه العادمة المنزلية والصناعية.

(1) جمال أحمد الحسين، المصدر السابق، ص113-114.

2- الحفر الامتصاصية، أو محطات معالجة المياه العادمة التي لاتفي بالغرض المطلوب.

3- مياه الأمطار ونواتج غسيل الساحات والشوارع.

ب- المصادر الصناعية INDUSTRIAL POLLUTION

1- الصناعات المختلفة التي تصرف مياهها دون معالجة مناسبة إلى مجاري الأودية.

2- منتجات البترول والزيوت المعدنية والمناجم وآبار البترول.

3- مخلفات الصناعات الحديدية والمعدنية الثقيلة.

ج- المصادر الزراعية AGRICULTURAL POLLUTION

1- استعمال الأراضي في الزراعة دون مراعاة دقيقة لكميات السماد والمبيدات الممكن استعمالها.

2- الفضلات الزراعية وبقايا النباتات، الفضلات الحيوانية وبقايا الحيوانات والمخلفات السائلة والصلبة.

3- مياه الري الزائدة.

1-2 نظم المعلومات الجغرافية

1- 2- 1 مفهوم نظم المعلومات الجغرافية

ليس هناك مفهوم ثابت لنظم المعلومات الجغرافية، فالتعريف يتم بصيغ عدة، بسبب تعدد تطبيقاتها وتنوع التخصصات العلمية التي تستخدمها، إذ يتوقف اختيار التعريف على ماهية ما يبحث فيه، لذلك نلقي الضوء على مجموعة من التعاريف حتى يوضح هذا المفهوم، كالآتي:

- تعريف دويكر:

"نظم المعلومات الجغرافية هي حالة خاصة من نظم المعلومات التي تحتوي على قواعد معلومات تعتمد على دراسة التوزيع المكاني للظاهرات والنشاطات و الأهداف التي يمكن تحديدها في المحيط المكاني كالنقط أو الخطوط أو المساحات، حيث يقوم نظام المعلومات الجغرافي بمعالجة المعلومات المرتبطة بتلك النقط والخطوط والمساحات لجعل البيانات جاهزة لاسترجاعها لإجراء تحليلها أو الاستفسار عن بيانات من خلالها"[1].

- تعريف دينجر موند (مؤسس ورئيس معهد بحوث النظم البيئية ESRI): "نظام المعلومات الجغرافي هو مجموعة تطبيقات أي برنامج يستخدم من خلال الحاسوب، ويمكن من خلاله تخزين مجموعة طبقات مركبة من المعلومات الجغرافية وتحليلها وعرضها"[2].

- تعريف دوايه : "نظم المعلومات الجغرافية هي نظم متكاملة تقوم بحصر وتخزين ومراجعة ومعالجة وتحليل وعرض البيانات التي تعتمد على نظم الإحداثيات المكانية على سطح الأرض"[3].

- تعريف باحثي إرداس ERDAS: "نظام المعلومات الجغرافي هو نظام متفرد، تم تصميمه لتطبيقات خاصة، قادرة على خزن وتحسين ومقارنة وتحليل مجموعة من ملفات البيانات الجغرافية، للحصول على معلومات قابلة

(1) محمد الخزامي عزيز، نظم المعلومات الجغرافية، أساسيات وتطبيقات للجغرافيين، منشأة المعارف، ط2، الاسكندرية، 2000، ص22.

(2) سميح محمود أحمد عودة، نظم المعلومات الجغرافية، وتطبيقاتها في رؤية جغرافية، دار الميسرة، عمان، 2005، ص57.

(3) محمد الخزامي عزيز، المصدر السابق، ص24.

للتفسير، وهو قادر أيضا على التعامل مع مرئيات الحاسوب والخرائط الورقية والبيانات الإحصائية التي تستخدم في مجموعها لحل كثير من المشكلات [1].

يظهر مما سبق بأن نظم المعلومات الجغرافية عبارة عن تقنية لجمع وإدخال ومعالجة وتحليل وعرض وإخراج المعلومات الجغرافية والوصفية لأهداف محددة.

1- 2- 2 مفهوم قاعدة البيانات الجغرافية

قاعدة البيانات على نحو عام عبارة عن مجمع معلومات INFORMATION COLLECTION تضم بيانات متنوعة عن ظاهرات أو موضوعات مختلفة والعلاقات بينها [2]. وفي نظام المعلومات الجغرافي تتضمن قاعدة البيانات معلومات عن موقع LOCATION الظواهر على الخارطة وخصائصها CHARACTERISTICS في الجداول التي تضم أعمدةً وصفوفاً ويرتبط الاثنان معا ليشكلا قاعدة العلاقات THE GIS RELATION DATA BASE [3]. وهذا يعني أن إنشاء قاعدة البيانات الجغرافية يحتاج إلى نوعين من البيانات:

أ- البيانات المكانية SPATIAL DATA

وهي البيانات الخرائطية التي يمكن فيها تعريف كل عنصر باحداثيين أحدهما سيني والآخر صادي، أو التي يمكن تعريف أي عنصر فيها بمجموعة مركبة من أزواج الإحداثيات السينية والصادية. وتتمثل البيانات المكانية في نظم المعلومات الجغرافية بثلاثة أشكال:

---

(1) سميح محمود احمد عودة،المصدر السابق، ص58.

(2) محمد الخزامي عزيز، المصدر السابق، ص101.

(3) قاسم محمد الدويكات، أنظمة المعلومات الجغرافية، الطبعة الأولى، مطبعة بلا،الأردن، ،2000، ص95.

- البيانات النقطية (POINT)، وهي ظاهرات نقطية لها مواقع من خلال إحداثيات سينية وصادية وليس لها بعد مثل (الآبار، المناجم).
- البيانات الخطية (LINE)، تشمل الظواهر التي لها بعد واحد وهو الطول فقط مثل (الأنهار، طرق، مجاري تصريف المياه).
- البيانات المساحية (POLYGON)، وهي ظاهرات التي لها بعدان، الطول والعرض، مثل (البحيرات، والخزانات المائية).

ب- البيانات الوصفية ATTRIBUTES DATA

تحتوي البيانات الوصفية على خصائص وصفات البيانات المكانية، وترتبط بعناصر ومعالم الخارطة بواسطة رقم التعريف (IDENTIFICTION NUMBER)، وهي إما معلومات رقمية (كمية) مثل عمق البئر، أو معلومات كيفية (غير رقمية) كأسماء الآبار.

1-2-2-1 تصميم قاعدة البيانات

تمثل قاعدة البيانات تجميعاً لجداول مترابطة في هيئة رقمية. وتتفق قواعد البيانات في أسلوب تصميمها على أربعة أنماط: [1]

---

(1) للتفاصيل يراجع:

1- محمد الخزامي عزيز، المصدر السابق، ص102-104.

2- مزكين محمد حسن، إنشاء قاعدة البيانات السكانية لمدينة مانكيش/ دراسة في نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير مقدمة إلى قسم الجغرافية-كلية التربية-جامعة الموصل ،غير منشورة، 2005، ص62-63.

1- الملف المنبسط FLAT FILE

يحتوي هذا النمط على جدول واحد، يضم جميع البيانات الوصفية للظاهرة الجغرافية (الشكل 1-1-أ).

2- التصميم الهرمي HIERARCHICAL MODEL

تتدرج جداول البيانات حسب درجة أهميتها، وتستخدم علاقة واحدة إلى علاقات متعددة للربط بين الجداول (الشكل 1-1-ب).

3- التصميم الشبكي NET WORK MODEL

يتحقق في هذا النوع إلى جانب التصميم الهرمي الترابط الشبكي بين الجداول (الشكل 1-1-ج).

4- تصميم العلائقية RELATIONAL MODEL

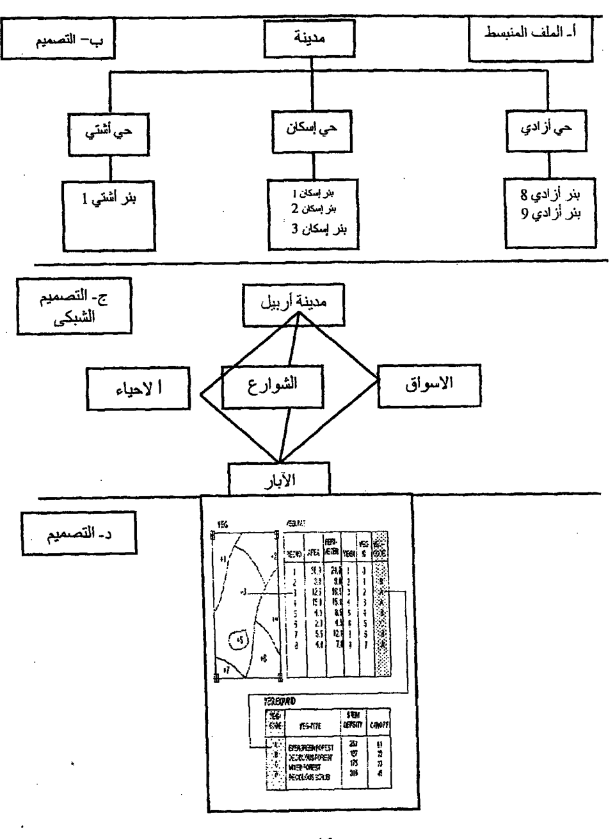
في هذا التصميم يمكن أن يربط كل جدول بآخر بواسطة مفتاح مما يساعد على اعتماد قاعدة البيانات على جداول متباينة يشكل كل منها ملفا خاصا ومنفصلا مع وجود الرابط بينها، لحين ظهور الحاجة إلى الاستعلام QUERY أو إلى تحليل البيانات الوصفية من الجداول المختلفة فتربط عندئذ الجداول معا. لذلك معظم تصاميم قواعد البيانات في نظم المعلومات الجغرافية من نوع العلائقية لبساطتها ومرونتها، (الشكل 1-1- د).

والجدير بالذكر الارتباطات بين الجداول في التصميمين الهرمي والشبكي يجب أن تكون معلومة مسبقا ثم تنشأ في نظام الترميز للحاسوب. مما يجعل هذين النمطين من التصميم

الشكل (1-1)

أنواع تصاميم قاعدة البيانات

رقم التعريف	اسم البئر	الاحداثيات		العكرة
		Y	X	
23	أزادي 8	4003290	411202	0.4
24	أزادي 9	4002690	410119	0.3
25	أسكان 1	4003758	411976	0.3
26	أسكان 2	4003843	412469	0.5
27	أسكان 3	4004189	412247	1.1
28	أسكان 4	4003371	412180	2.4
29	أشتي 1	4004364	411756	1



أ- الملف المنبسط
مدينة
ب- التصميم
حي أزادي
حي إسكان
حي أشتي
بئر أزادي 8
بئر أزادي 9
بئر إسكان 1
بئر إسكان 2
بئر إسكان 3
بئر أشتي 1
ج- التصميم الشبكي
مدينة أربيل
الاسواق
الشوارع
ا لاحياء
الآبار
د- التصميم

معقدين وغير مرنين. فضلا عن ذلك فإن معظم تصاميم قواعـد البيانـات في نظم المعلومات الجغرافية من نوع العلائقية.

1-2-2-2 تمثيل البيانات المكانية

تمثل البيانات المكانية في نظم المعلومات الجغرافية بطريقتين:

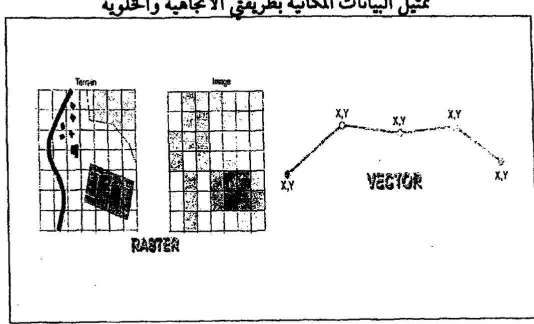
1- الطريقة المتجهة VECTOR

تعتمد هذه الطريقة في رسم البيانات المكانية (النقطة-الخـط-المسـاحة) علـى المبدأ الاتجاهي، إذ يمكن من خلالها تمثيل كافة ظاهرات طبقة الموضوع تمثيلا مكانيـا من خلال سلاسل متتابعة من الإحداثيات، إذ تبنى هذه الطريقة على النقطـة، الـتي يمكـن تمثليهـا بواسـطة إحـداثيتين همـا (X,Y)، ومـن نقطـتين أو أكثـر يمكـن بنـاء الخطوط، ومن الخطوط المغلقة يمكن بناء المساحات، الشكل (1-2) [1].

(1) سميح محمود أحمد عودة، المصدر السابق، ص94.

الشكل (1-2)

تمثيل البيانات المكانية بطريقتي الاتجاهية والخلوية



2- الطريقة الخلوية RASTER

تمثل البيانات المكانية في هذه الطريقة على شكل خلايا أو مناطق مساحية صغيرة CELL OR PIXELS، إذ يتم فيها تقسيم الظواهر إلى طبقات حسب الموضوع. وتقسم الطبقة إلى خلايا صغيرة يتم ترتيبها على هيئة مصفوفة متتابعة، تبدأ من بداية المصفوفة وتمتد حتى آخر خلية منها. ولكل خلية قيمة تعبر عن طبيعة البيانات الوصفية التي تنسب إليها، مثل مواصفاتها اللونية ومساحتها وأبعادها وشكلها أو امتدادها.

تمثل الظواهر النقطية في هذه الطريقة على هيئة خلية مساحية منفردة والظواهر الاتجاهية على هيئة سلسلة من الخلايا المتجاورة، أما الظواهر المساحية فتكون على شكل مجمع للخلايا المساحية المتجاورة، الشكل (1-2) [1].

(1) محمد الخزامي عزيز، المصدر السابق، ص102-104.

يمكن بناء قاعدة البيانات الجغرافية لأي مشروع بالطريقة الاتجاهية أو الخلوية أو استخدام الاثنتين معاً. وذلك حسب طبيعة المشروع والبيانات المتوفرة. تكمن فائدة البيانات الاتجاهية في قدرتها على تمثيل الظواهر الجغرافية تمثيلا دقيقا، وهذا يجعلها مفيدة في مهام التحليل المكاني التي تتطلب تحديد المواقع بدقة، كما في التطبيقات الهندسية والمساحية، فضلا عن أن هذا النوع من البيانات يسمح بتعريف العلاقات المكانية بين الظواهر أو ما يسمى بالطبولوجي، مثل علاقات الجوار والاتصال.

أما البيانات الخلوية فلا يمكنها تمثيل العلاقات الطبولوجية بين الظواهر الجغرافية لأنها تتألف من شبكة من خلايا الصور، ولكنها مفيدة لتمثيل التدرج أو التغيير المستمر في الظاهرة، مثل توزيع خصائص المياه الجوفية. وتعتمد دقة هذا النوع من البيانات على حجم الخلية ومساحة المنطقة من سطح الأرض الذي تمثله تلك الخلية، وكلما مثلت الخلية مساحة أصغر كلما كان وضوح البيانات الخلوية عاليا.

عموما تعد البيانات الاتجاهية اقتصادية وتوفر مستوى عالياً من الدقة، ولكن استخدامها في الحسابات الرياضية صعب نسبيا، أما البيانات الخلوية فتحتاج إلى مساحات تخزين كبيرة وتتميز بوضوح منخفض لكنها أسهل أثناء تنفيذ الحسابات الرياضية [1].

---

(1) سامر الجودي، مبادئ نظام المعلومات الجغرافية، مجلة التصميم بالحاسوب، الانترنت (WWW.CADMAGAZINE.COM/PCMAGAZINE) 20/ 11/ 2006.

1- 2- 3 مميزات استخدام نظم المعلومات الجغرافية في دراسة تلوث المياه الجوفية

تتوفر في برامج نظم المعلومات الجغرافية مجموعة وظائف لمعالجة وتحليل قاعدة البيانات الجغرافية المؤلفة من البيانات المكانية والوصفية، وتسمح بإجراء التحليل سواء باستخدام الخريطة أو قاعدة البيانات، إذ أن طبيعة الطبقة هي التي تحدد أي الطريقتين أفضل لإجراء التحليل:-

1- التعامل مع البيانات الوصفية من خلال QUERYING DATABASE

أ- التعرف المباشر على الخصائص الوصفية للبيانات الجغرافية

بالإمكان تنطيق قاعدة البيانات الجغرافية من خلال الاستفسار عن البيانات الوصفية التي تم إدخالها. ومنها يتم التعرف المباشر على الخصائص الوصفية للبيانات المكانية المعروضة على الشاشة، فإذا كانت الطبقة الفعالة هي طبقة الآبار، فباختيار أمر التعريف IDENTIFY ثم النقر بالمؤشر على أي بئر، تظهر قائمة تضم جميع البيانات المدخلة للبئر كاسمه ورقمه وخصائصه الطبيعية والكيماوية والحيوية. فضلا عن ذلك يمكن فتح جدول البيانات الوصفية للآبار وتحديد خاصية من خصائص مياه البئر، ليظهر البئر على الخارطة بلون مختلف عما هو عليه.

ب- التحكم في كيفية إظهار الجدول الخاص بالبيانات الوصفية

هناك إمكانية ترتيب قيم خصائص المياه في الآبار تصاعديا أو تنازليا وفق اية خاصية، إذ تساعد هذه العملية على معرفة قيم تزيد أو تقل عن الحد المسموح للاستخدامات المختلفة، وإظهارها في جدول جديد، بدون أن يؤثر هذا القطع على قاعدة البيانات الجغرافية.

ج- التعامل الإحصائي مع البيانات الوصفية

تتضمن هذه العملية أصنافا مختلفة من العمليات الإحصائية البسيطة التي تتطلب جهدا كبيرا من خلال الأساليب اليدوية، كالوسط والوسيط والانحراف المعياري وغيرها.

2- إنتاج الخرائط الموضوعية THEMATIC MAPPING

يستطيع المستخدم من خلال برامج نظم المعلومات الجغرافية إنتاج خرائط موضوعية للظاهرات الجغرافية على أساس صفاتها، مثل توزيع الآبار على أساس تركيز الكالسيوم فيها وذلك بإعطاء لون أو ترميز الآبار حسب تركيز الكالسيوم.

3- الاستكمال المكاني SPATIAL INTERPOLATION

تتوفر في برامج GIS ميزة استنباط مكاني لخصائص الظواهر المستمرة كخصائص المياه الجوفية بالاعتماد على عدد محدود من القياسات الحقلية، وبالتالي معرفة توزيعها واتجاهاتها المكانية.

4- إنشاء الحواجز BUFFERS

يتميز برامج GIS بقدرتها على صنع الحواجز حول الظواهر. كإنشاء حواجز حول الآبار لمسافة 50 مترا، لمعرفة ما إذا كانت مصادر التلوث تقع ضمن هذه المسافة.

1-3 مصادر البيانات والبرامج المستخدمة

تنوعت مصادر البيانات التي اعتمدت عليها الدراسة، وذلك بما يتناسب مع طبيعتها والهدف منها، إذ جمعت البيانات والمعلومات الكمية والوصفية، وقسمت إلى المصادر الآتية:

1- 3- 1 البيانات المكانية

1-3-1-1 المرئيات الفضائية SATELLITE IMAGE

تعد المرئيات الفضائية من المصادر الأولية PRIMARY SOURCE للبيانات المكانية، إذ يمكن استخدامها مباشرة في قواعد نظام المعلومات الجغرافية لكونها ذات تعريف إحداثي [1]. ويعد استخدامها ضرورياً في هذه الدراسة وذلك لرسم مصادر التلوث وتحديد مناطق التلوث عليها. وقد تم الحصول على أحدث مرئية فضائية لمدينة أربيل، التقطت من القمر الصناعي QUIK BIRD، في شهر أب عام 2005، وبمقياس رسم (40.000:1) وبدقة تميزية RESOLUTION عالية تصل إلى متر واحد، انظر الشكل (1-3). واستخدمت في رسم خارطة المحلات واستعمالات الأرض في المدينة فضلا عن رسم الشوارع الرئيسة والظواهر الضرورية الأخرى.

1-3-1-2 الخرائط الورقية PAPYRUS MAP

تم الاعتماد في هذه الدراسة على مجموعة من الخرائط الموضوعية لمنطقة الدراسة بهدف التعرف على خصائصها المكانية كالآتي:-

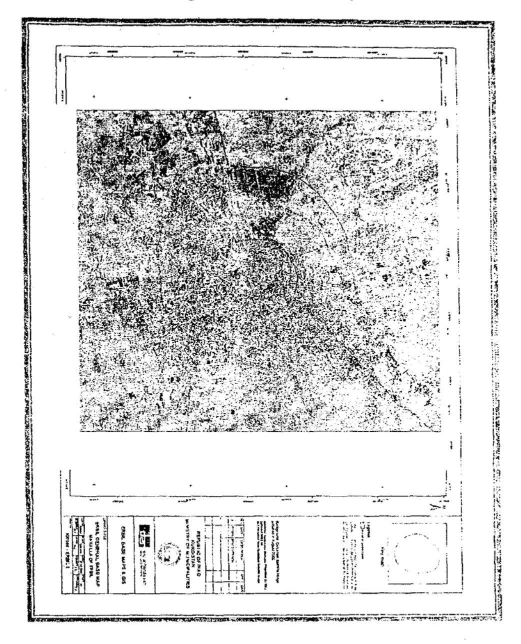
(1) سميح محمود أحمد عودة، المصدر السابق، ص150.

الجدول (1-3)

الخرائط المستخدمة في الدراسة

ت	نوع الخارطة	اسم الخارطة	مقياس	مصدر الخارطة
1	خريطة جيولوجية	جيولوجية حوض أربيل الجوفية	1 /500.000	أطروحة دكتوراه/ 1998
2	خريطة طبوغرافية	طبوغرافية مدينة أربيل	1 /50000	أطروحة ماجستير/ 2003
3	مجاري الأمطار	مجاري تصريف مياه الأمطار	رقمي	مديرية مجاري أربيل/ 2007
4	استعمالات الأرض	استعمالات الأرض في مدينة أربيل	1 /25.000	وزارة البلديات/ 2005
5	المحلات	المحلات في مدينة أربيل	1 /40.000	وزارة البلديات/ 2005

الشكل (1-3)
المرئية الفضائية لمدينة أربيل لسنة 2005



المصدر: حكومة إقليم كردستان، وزارة البلديات بالتنسيق مع شركة دار الهندسة للتصميم ونظم والمعلومات الجغرافية، قسم التخطيط العمراني، خرائط غير منشورة 2005.

1-3-1-3 بيانات نظام التوقيع العالمي(*) GLOBAL PORTIONING SYSTEM (GPS)

تستخدم تقنية GPS للحصول على البيانات المكانية من نقاط وخطوط ومساحات على نحو مباشر وبدقة عالية قد تصل إلى أقل من متر وحسب دقة الجهاز المستعمل، إذ يمكن ربط جهاز GPS مباشرة بجهاز الحاسبة ونقل البيانات على نحو مباشر [1].

تم الحصول على إحداثيات الموقع الجغرافي للآبار المدروسة من المسح الذي قامت به مديرية المياه الجوفية في أربيل في العام 2004 بجهاز GPS. وقد أضيف إليها الآبار غير المشمولة بالمسح والمدروسة من قبل الباحث فضلا عن تنقيحها من الأخطاء باستخدام جهاز GPS من نوع GARMIN-RINO 120 التي تصل فيه الدقة إلى ثلاثة أمتار.

1- 3- 2 البيانات الوصفية

جمع الباحث أنواعاً عديدة من البيانات الوصفية لتوظيفها في الدراسة، فيما يأتي أنواع البيانات المستخدمة في الدراسة ومصادرها:-

أ- مديرية ماء أربيل: بيانات عن خصائص المياه متمثلة في الفحوصات الطبيعية والكيماوية والحيوية.

(*) جهاز GPS/ يستقبل جهاز GPS من الأقمار الصناعية إشارات راديوية ذات تعريف معين طول الوقت، ومن خلال حسابات آلية دقيقة يتم تحديد إحداثيات الموقع. وتتألف هذا النظام من سبعة وعشرين قمرا صناعيا من نوع (نافا ستار) تدور حول الأرض، وحيث أن الحصول على إحداثيات لموقع يتطلب وجود ثلاثة أقمار صناعية على الأقل. ينظر سميح محمود عودة، المصدر السابق، ص172.

(1) للتفاصيل ينظر : سميح محمود أحمد عودة، المصدر السابق، ص166-172.

ب- مديرية المياه الجوفية في أربيل: بيانات عن إحداثيات الآبار المدروسة.

ت- دائرة الأنواء الجوية : بيانات عن عناصر المناخ.

ث- مديرية مرور أربيل: بيانات عن المركبات.

ج- المديرية العامة للصناعة: بيانات عن الصناعات.

ح- فضلا عن البحوث العلمية والتقارير المذكورة في الدراسة.

1- 3- 3 البرامج المستخدمة في الدراسة

1- برنامج Arc GIS v9.1 [1]

هذا البرنامج من إنتاج معهد البحوث والنظم البيئية Environment Systems Research Institute (ESRI) وهو واحد من أهم مؤسسات اختراع وتطوير برامج نظم المعلومات الجغرافية وتطبيقاتها. ويعد Arc GIS نظاماً متكاملاً لخلق بيانات جغرافية، وأداةً لإدارة البيانات وتحليلها، كما أنه مصمم بوصفه نظاماً قابلاً للتطور ويمكن استخدامه في مختلف المجالات سواء على نطاق فردي مثل المؤسسة أو على نطاق عالمي عبر شبكات عالمية. على هذا الأساس يمكن تصنيف Arc GIS 9.1 إلى صنفين:-

- **الأول:** برامج الاستخدام الفردي التي تسمى Arc GIS Desktop 9.1، وهي مجموعة برامج يستخدمها شخص واحد.
- **الثاني:** برامج الاستخدام الجماعي التي تتكون من برامج الاستخدام الفردي نفسها ولكن يضاف إليها برنامج يعمل ك(سيرفر) ليتمكن عدة أشخاص من العمل على الملفات نفسها مثل برنامج Arc SDE 9.1.

(1) ينظر: Help Arc GIS Desktop 9.1

تتكون Arc GIS Desktop 9.1 من ثلاث مجاميع هي:-

1- مجموعة Arc Info 9.1

2- مجموعة Arc Editor 9.1

3- مجموعة Arc View 9.1

تحتوي كل مجموعة من المجاميع الثلاث على عدد من البرامج التي تستخدم لإنشاء مشروع GIS، ولكل منها مهمات خاصة يقوم بها، وهذه البرامج هي: (لاحظ الشكل (1-4))

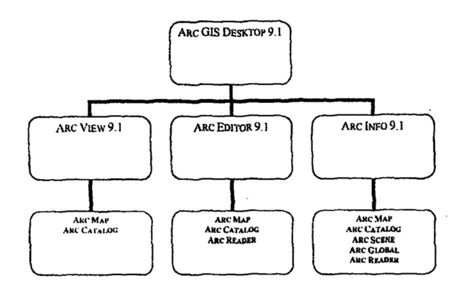
- Arc Map/ يستخدم هذا البرنامج لرسم الخرائط وإدخال البيانات ومعالجتها فضلا عن الأدوات التي تقوم بكل الوظائف المتعلقة بالخرائط والبيانات.
- Arc Catalog/ يستخدم هذا البرنامج لصنع ملفات المشروع الجديد وكذلك إدارة الملفات على نحو أسهل من النظام Windows فضلا عن عمل ارتباطات مع مصادر البيانات الأخرى مثل قواعد البيانات ومواقع الإنترنت.
- Arc Toolbox/ يتكون هذا البرنامج من مجموعة الأدوات المستخدمة في برنامج Arc Map و Arc Catalog كما يمكن بواسطته تشغيل أدوات أخرى من خارج البرنامج.
- Arc Reader/ يتم بهذا البرنامج عرض الخرائط والبيانات فقط مثلما تعرض في Arc Map ويستفاد من هذا البرنامج المجاني لعرض الخرائط في حواسيب لا تحتوي برنامج Arc Map.

- ARC GLOBAL/ يستخدم هذا البرنامج لعرض الخرائط على كرة تشبه الكرة الأرضية وليس على شكل مسطح كما هو متبع في ARC MAP ويمكن عرض الملفات ثلاثية الأبعاد مثل التضاريس كما يمكن إجراء عدد من عمليات المعالجة على البيانات.
- ARC SCENE/ برنامج مهم يستخدم لغرض الملفات ثلاثية الأبعاد مثل تضاريس سطح الأرض ويحتوي على أدوات للتعامل مع هكذا بيانات مثل عمل الخرائط الكنتورية ومناسيب النقاط على مسار خطي.

تحتوي مجموعة ARC INFO 9.1 على جميع البرامج والملاحق دون أي نقص في أداتها وهذا ما يساعدها على القيام بكافة الوظائف التي تعني بها برامج GIS. إذ يتضمن كل وظائف ARC VIEW و ARC EDITOR فضلا عن قدرات تحليل جغرافية واسعة، لذا يعد معياراً أساسياً لنظم المعلومات يتضمن كل العمليات الأساسية التي تقوم بها GIS (خلق، تساؤل، تخطيط، تحليل)، وتعد هذه المجموعة من البرامج محطة عمل جانبية إذ تقوم بإدارة البيانات وتحليلها، كما تتضمن أدوات تحويل إلى صندوق أدوات ARC التي يمكن بواسطتها تخزين البيانات المكانية، بينما INFO تقوم بتنظيم البيانات ودمجها مع البيانات الرقمية المكانية المخزنة بواسطة ARC، فهو بذلك يمثل برنامجاً خطياً يعمل على تحويل البيانات من مصادرها المختلفة إلى معلومات خطية يتم تخزينها وإدارتها وعرضها.

شكل (1-4)

مكونات ARC GIS DESKTOP 9.1



2- **برنامج** EXCEL 2003

استخدم برنامج EXCEL 2003 لغرض إدخال جميع البيانات الوصفية الرقمية المستخدمة في الدراسة، وذلك بما يتمتع هذا البرنامج من مرونة وسهولة في إدخال الأرقام، وتنقيح الأخطاء فيها بسهولة، فضلا عن إجراء كافة العمليات الحسابية. كما أن البرنامج بإمكانه تصدير البيانات إلى البرامج الأخرى مثل برنامج WORD و ARC GIS وغيرها.

الفصل الثاني

معطيات منطقة الدراسة

2- 1 موقع منطقة الدراسة

2- 2 مصادر المياه في منطقة الدراسة

2- 3 العوامل الجغرافية الطبيعية وأثرها على المياه الجوفية

2- 4 مصادر تلوث المياه الجوفية في منطقة الدراسة

الفصل الثاني

2-1 موقع منطقة الدراسة

تعد منطقة الدراسة مركزاً لمحافظة أربيل التي تقع في الجزء الشمالي الشرقي من العراق، يحدها من الشمال تركيا ومن الشرق إيران ومن الجنوب محافظتا السليمانية وكركوك و من الغرب محافظة نينوى ومن الشمال الغربي محافظة دهوك. تنحصر منطقة الدراسة فلكياً بين دائرتي عرض (36.07.08-36.13.08) شمالاً وخطي طول (43.57.06-44.03.06) شرقاً. (الخارطة 2-1).

2-2 مصادر المياه في منطقة الدراسة

2- 2- 1 المياه السطحية

لا توجد في مدينة أربيل مجاري مائية دائمة الجريان باستثناء واديان موسميان يمران بداخلها، حيث كان يجري فيهما الماء في فصلي الشتاء والربيع وكانا يزودان المدينة بالمياه في هذين الفصلين، ويستعملان حاليا لصرف مياه المجاري والأمطار [1]. فالأول يسمى بوادي أربيل الشمالي (بسته بيازه) والثاني يسمى بوادي أربيل الجنوبي (تعجيل) وكلاهما يدخلان المدينة في الجهة الشرقية ويقطعان مركز المدينة ثم يتجهان باتجاه الجنوب الغربي بعد التقائهما ببعض ثم يصبان في نهر الزاب الكبير [2].

---

(1) عبد الرحمن أحمد كزنيي، أربيل ومياه الشرب في الماضي والحاضر، مطبعة وزارة التربية، أربيل، 1997، ص29.

(2) ساكار بهاء الدين عبد الله آل مدرس، الأنماط السكنية في مدينة أربيل، رسالة ماجستير مقدمة إلى قسم الجغرافية-كلية الآداب-جامعة صلاح الدين، غير منشورة، 2003، ص29.

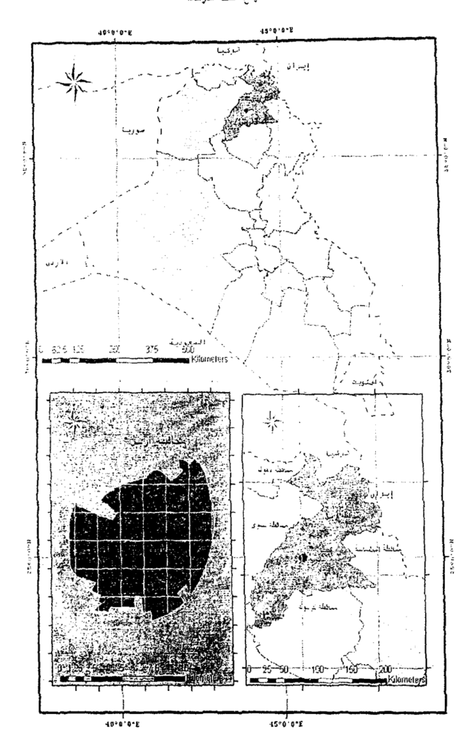
2- 2- 2 المياه الجوفية

تعد المياه الجوفية مصدرا رئيساً لمياه الشرب وسقي المزروعات في منطقة الدراسة، إذ كان يعتمد السكان على المياه الجوفية القريبة من سطح الأرض، التي كان قدر عمقها بين (5-30)م. ونتيجة لازدياد عدد الآبار زادت أعماقها وبلغ معدلها (150-200)م [1]. وفضلاً عن الآبار الجوفية فإن هناك مشروعين للأنابيب أحدهما قديم والآخر حديث، يغذيان المدينة عن طريق نهر الزاب الكبير الذي يبعد عنها مسافة (32)كم.

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي من الحوض المركزي الثانوي من أحواض سهل أربيل الجوفية الثلاثة (حوض كبران والحوض المركزي وحوض باشتبة)، التي تعد من

(2) عبد الرحمن أحمد كزني، المصدر السابق، ص42.

موقع منطقة الدراسة



٢٦

أهم مناطق المياه الجوفية في العراق (الخارطة 2-2) [1]. تحد أحواض سهل أربيل الجوفية من الشمال حوض بستوره، ومن الشرق حوض شلغة، ومن الجنوب الشرقي نهر الزاب الصغير، ومن الجنوب مرتفعات زوركه زراو، ومن الغرب والشمال الغربي نهر الزاب الكبير [2].

2-3 العوامل الجغرافية الطبيعية وأثرها على المياه الجوفية

تؤثر العوامل الطبيعية على كمية المياه الجوفية ونوعيتها في منطقة الدراسة، نتيجة لارتباطها الوثيق بالبنية الجيولوجية وعناصر المناخ ومظاهر السطح ونوعية التربة وكثافة الغطاء النباتي. إذ يؤثر كل عامل من هذه العوامل على توافر المياه الجوفية وخصائصها وتوزيعها الجغرافي.

2- 3- 1 البنية الجيولوجية

تقع منطقة الدراسة ضمن طية مقعرة واسعة ممتدة بين طيتين محدبتين، وهي طية بيرمام في الجهة الشمالية الشرقية وطية أوانا من الجهة الجنوبية الغربية [3].

(1) عماد الدين عمر حسن، احتياجات المياه لمدينة أربيل حتى عام 2025، مجلة هه ولير تصدر باللغة الكردية، العدد5، مطبعة الثقافة، أربيل،2000، ص12.

(2) هاشم ياسين حمد أمين حداد، أطلس الموارد الطبيعية لمحافظة أربيل وإدارة الأرض فيها للأغراض الزراعية/ دراسة كارتوكرافية، رسالة ماجستير مقدمة إلى قسم الجغرافية-كلية الآداب-جامعة صلاح الدين،2000، غير منشورة، ص142.

(3) علي محمود سورداشي، دراسة الوضع الترسبي والتكتوني في سهل أربيل خلال فترة العصر الرباعي، مجلة زانكو للعلوم الصرفة ، جامعة صلاح الدين، 2003، ص3.

وتكونت هذه الطية نتيجة الحركات الالبية في أواخر عصر الاوليجوسين وأثناء عصر الميوسين وحتى أوائل عصر البليوسين [1].

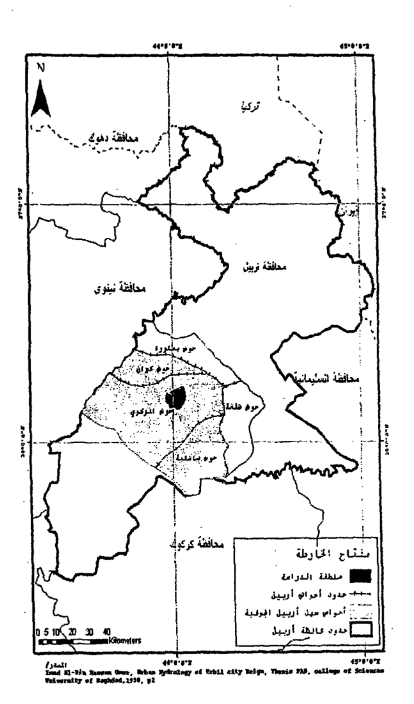
وفيما يأتي عرض للتكوينات الجيولوجية لحوض سهل اربيل الجوفي (الخارطة 2-3)

2-3-1-1 تكوينات عصر البلايوسين

يشمل كلاً من تكوينات المقدادية وباي حسن، تتوزع في الأجزاء الشرقية والشمالية الغربية وفي شريط ضيق في الجزء الجنوبي من الحوض. يتألف تكوين المقدادية من الصخور الرملية مع طبقات من الحصى وحجر الطين، أما تكوين باي حسن يسود فيه الحجر الرملي والحصى والمد ملكات و الصخور رملية والطينية، ويظهر مكاشفه عند قرية ملا أومر

(1) شاكر خصباك، العراق الشمالي/ دراسة لنواحي الطبيعية والبشرية، مطبعة شفيق، بغداد،1973، ص12.

الخارطة (2-2)



المصدر/
Imad Al-Din Kassem Omer, Urban Hydrology of Erbil city Reign, Thesis PhD, college of Sciences University of Baghdad, 1990, p2

في شمال مدينة أربيل إلى وادي بستوره، ويبلغ سمك هذا التكوين (2000-3000)م. ويعد من المكامن الجيدة لخزن المياه الجوفية ونقلها [1].

2-3-1-2 ترسبات الزمن الرباعي

تعود الرواسب الفيضية القديمة والحديثة إلى عصري البلايستوسين والهليوسين (الحديث) على التوالي. تتوزع الأولى في الجهات الشرقية من الحوض وشريط في الأجزاء الجنوبية الغربية وتقع منطقة الدراسة عليها، وتتكون الرواسب الفيضية القديمة الخشنة من الحصى والمد ملكات، والثانية تتوزع في وسط الحوض وتتألف من الرسوبيات النهرية الحديثة من الرمل والغرين والطين والحصى [2]. وقد رسبت أثناء العصور المطيرة بعد تعريتها لسفوح جبل بيرمام وزوركه زراو نتيجة لتعرض المنطقة للتعرية الريحية بعد تعرضها للجفاف وقد أدى ذلك إلى تغير نسيج هذه الرواسب فأصبحت خشنة نوعا ما [3]. وتعد الترسبات الفيضية القديمة من الخزانات الجيدة للمياه الجوفية في العراق بعد التكوينات الكلسية [4].

2- 3- 2 الخواص الطبيعية والكيماوية للصخور

بعد معرفة نوعية صخور حوض أربيل المركزي الثانوي، من الضروري بيان أثرها على كمية المياه ونوعيتها وذلك من خلال خواصها الطبيعية والكيماوية من مسامية ونفاذية وقابليتها للذوبان. وفيما يأتي الخصائص الطبيعية والكيماوية للصخور:-

(1) هاشم ياسين حمد أمين حداد، المصدر السابق، ص54.

(2) شاكر خصباك، المصدر السابق، ص19.

(3) هاشم ياسين حمد أمين حداد، المصدر السابق، ص54.

(4) شاكر خصباك، المصدر السابق، ص19.

2-3-2-1 الصخور الرملية والحصوية

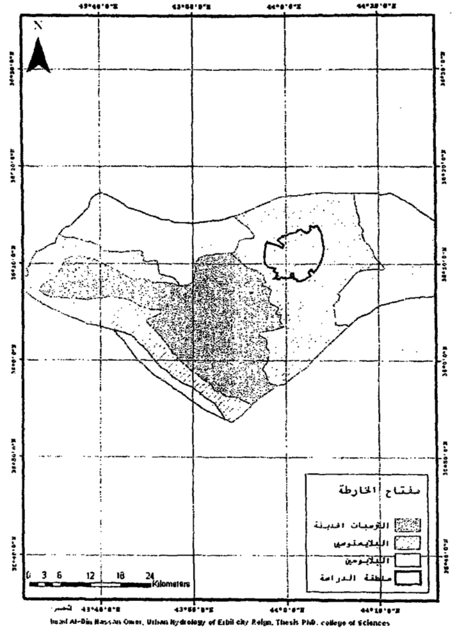
1- رواسب الرمل والحصى

تتكون رواسب الرمل والحصى من صخور غير متماسكة، تتراوح حبيباتها 0بين (0.06-8) ملم، تتصف بمسامية جيدة إذ تبلغ (20-47٪) [(1)]. لذلك فان قابليتها على خزن المياه كبيرة وتكون حركة المياه فيها حرة في الاتجاه الأفقي. أما من الناحية الكيماوية فان هذه

(1) أسباهية يونس الحسن، المياه الجوفية في منطقة سنجار واستخداماتها، رسالة ماجستير، مقدمة إلى قسم الجغرافية- كلية الآداب- جامعة بغداد، غير منشورة، 1985، ص18.

الخارطة (2-3)

الخارطة الجيولوجية لحوض سهل أربيل الجوفي



المصدر: Izzat Al-Din Hassan Omer, Urban Hydrology of Erbil city Reign, Thesis PhD. college of Sciences University of Baghdad.1998 p2

الرواسب تتكون من مواد معدنية غير قابلة للذوبان في الماء كالكوارتز والمايكا، لذا يعد مخزون الماء فيها مثاليا، إذ ينخفض تركيزه الملحي بنسبة كبيرة [(1)].

2- الأحجار الرملية

تتكون الصخور الرملية من تماسك حبيبات الرمل، وتتميز بمسامية جيدة، إذ تتراوح بين (5-20٪) ونفاذية عالية بسبب خشونة حبيباتها، إذ يبلغ قطر حبيباتها بين (0.5-2) ملم، لذلك تشكل أفضل المخازن الجوفية. أما من الناحية الكيماوية فإنها تتكون من مواد معدنية غير قابلة للذوبان في المياه مثل السليكا والكوارتز. لذلك تحتوي المياه في هذه الصخور على نسبة قليلة جدا من الذوائب المعدنية [(2)].

2-3-2-2 الصخور الطينية

تتكون هذه الصخور من الطين الصفيحي- الغرين والصلصال، ولا يكون قطر حبيباتها أكثر من (0.06) ملم، وتتصف بالنفاذية الواطئة و مساميتها الشعرية دقيقة جدا، إذ تتراوح بين (1-10٪)، لذلك تكون حركة الماء فيها بطيئة جدا. ومن الناحية الكيماوية فان الصخور الطينية تتكون من سليكات الألمنيوم المائية وتوجد معها معادن أخرى مثل الكوارتز والمايكا وأكاسيد الحديد أحيانا. وغالبيتها مواد غير قابلة للذوبان في الماء [(3)].

---

(1) يحيى عباس حسين، المياه الجوفية في الهضبة الغربية من العراق وأوجه استثمارها، رسالة ماجستير، مقدمة إلى قسم الجغرافية- كلية الآداب- جامعة بغداد، غير منشورة، 1983، ص 30-31.

(2) أسباهية يونس المحسن، المصدر السابق، ص19.

(3) نفس المصدر، ص23.

2- 3- 3 المناخ

2-3-3-1 درجات الحرارة

تبلغ معدلات درجات الحرارة السنوية في منطقة الدراسة (20.88)°م، وتتفاوت على نحو ملحوظ خلال أشهر السنة، إذ ترتفع معدلات درجات الحرارة خلال أشهر الصيف (حزيران- تموز- أب) كما يتضح من الجدول (2-1)، ويسجل شهر آب أعلى المعدلات الحرارية الشهرية (34.72) م، بينما تنخفض خلال أشهر الشتاء (كانون الأول- كانون الثاني- شباط) ويمثل شهر كانون الثاني أبرد الشهور (8.43)°م، الشكل (2-1).

من جانب أخر تتباين المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى حسب الشهور والفصول، ففي فصل الصيف ترتفع معدلات درجات الحرارة العظمى وتصل أعلاها في شهر آب (43.7) م، وأدناها في شهر كانون الثاني (12.7)°م. وفي فصل الشتاء فان معدلات درجات الحرارة الصغرى تنخفض وتصل أدناها في شهر كانون الثاني (4.17)°م وأعلاها في شهر تموز (26.38)°م.

استنادا إلى ما سبق فان منسوب المياه الجوفية في منطقة الدراسة يكون منخفضا في الصيف تحت تأثير اشتداد عمليتي التبخر والنتح، في حين يكون مرتفعا في الشتاء بسبب ضعف فاعلية هاتين العمليتين.

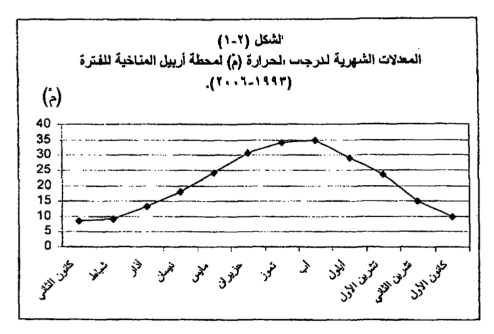
الجدول (2-1)

المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة (مْ) لمحطة أربيل المناخية للفترة (1993-2006).

الأشهر	معدل العظمى	معدل الصغرى	معدل الشهري
كانون الثاني	12.7	4.17	8.43
شباط	14.3	4.27	9.28
آذار	18.8	7.54	13.17
نيسان	24.3	11.9	18.1
مايس	31.3	17.56	24.43
حزيران	38.4	23	30.7
تموز	41.9	26.38	34.14
آب	43.7	25.75	34.72
أيلول	36.7	21.45	29
تشرين الأول	30.41	17	23.7
تشرين الثاني	20.46	9.78	15.12
كانون الأول	14.45	5.13	9.79
المعدل السنوي	27.27	14.5	20.88

المصدر من عمل الباحث بالاعتماد على:

إقليم كردستان العراق، وزارة النقل، دائرة الأنواء الجوية، بيانات عن المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة للفترة (1993-2006)، محطة أربيل المناخية، بيانات غير منشورة.



المصدر / من عمل الباحث اعتمادا على معطيات الجدول (2-1).

2-3-3-2 الأمطار

تتساقط الأمطار في منطقة الدراسة على نحو عام خلال تسعة أشهر من السنة، ويبلغ معدل تساقطها السنوي (409.61)ملم ويسهم فصل الشتاء (كانون الأول- كانون الثاني- شباط) بالجزء الأكبر من كمية الأمطار السنوية، إذ تتراوح بنسبة 51.6٪، وتأتي أمطار فصل الربيع (آذار- نيسان- مايس) بالمرتبة الثانية بنسبة 30.8٪، أما أمطار فصل الخريف (أيلول- تشرين الأول- تشرين الثاني) فتأتي بالمرتبة الثالثة وبنسبة ضئيلة 17٪. وفي فصل الصيف تكون الأمطار معدومة تقريباً.

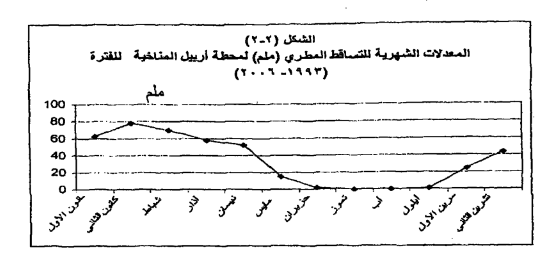
ويعد شهر كانون الثاني أكثر الشهور مطراً إذ بلغ معدل التساقط المطري (87.21)ملم مشكلاً بذلك نسبة 19٪ من مجموع التساقط السنوي، يليه شهر شباط وكانون الأول وبنسبة 17.14٪ و15.4٪ على التوالي. كما يتضح من الجدول (2-2) والشكل (2-2).

الجدول (2-2)

المعدلات الشهرية للتساقط المطري (ملم) لمحطة أربيل المناخية للفترة (1993- 2006)

الأشهر	معدل التساقط المطري (ملم)	النسبة ٪	الفصول	النسبة ٪
كانون الأول	63.08	15.4		
كانون الثاني	78.21	19	الشتاء	51.6
شباط	70.22	17.14		
آذار	58.38	14.25		
نيسان	52.75	12.9	الربيع	30.8
مايس	15.01	3.66		
حزيران	2.17	0.5		
تموز	0.41	0.1	الصيف	0.6
آب	0	0		
أيلول	1.01	0.24		
تشرين الأول	24.37	6	الخريف	17
تشرين الثاني	44	10.74		
المجموع السنوي	409.61	100		100

المصدر من عمل الباحث بالاعتماد على:



الشكل (٢-٢)
المعدلات الشهرية للتساقط المطري (ملم) لمحطة اربيل المناخية للفترة
(١٩٩٣- ٢٠٠٦)

إقليم كردستان العراق، وزارة النقل، دائرة الأنواء الجوية، بيانات عن المعدلات الشهرية للتساقط للفترة (1993-2006)، محطة أربيل المناخية، بيانات غير منشورة.

المصدر / من عمل الباحث اعتمادا على معطيات الجدول (2-2).

وبذلك فان موسم التساقط المطري يتوافق مع انخفاض درجات الحرارة في منطقة الدراسة، ويبدأ من شهر تشرين الأول إلى شهر مايس، إذ تتوقع كمية ونوعية أفضل للمياه في هذه الفترة.

2-3-3-3 الرياح

تؤثر الرياح على مستويات المياه الجوفية السطحية على نحو مباشر من خلال تنشيط عملية التبخر والنتح، إذ أن اشتداد سرعة الرياح يؤدي إلى تنشيط عملية التبخر وبالتالي جفاف الطبقة السطحية للتربة، على هذا الأساس تنشط فاعلية الخاصية الشعرية في جذب الماء الجوفي إلى السطح و من ثم يؤثر ذلك على كمية المياه الجوفية ونوعيتها، فضلا عن ذلك فإن ازدياد سرعة الرياح يؤدي إلى تخلخل

ضغط الهواء داخل البئر وبالتالي فإن منسوب الماء يرتفع بسرعة مما يجعلها عرضة للتبخر [1].

تهب الرياح الشرقية على منطقة الدراسة لمعظم أيام السنة، ويتفاوت معدل سرعتها خلال أشهر السنة، إذ تمثل أشهر الشتاء والربيع أعلى معدل لها [2]. لذلك يؤثر معدل سرعة الرياح في هذه الأشهر التي يسقط فيها نسبة 82.3٪ من الأمطار السنوية على تسرب المياه نحو باطن الأرض والضياع بالتبخر وبالتالي يحدث انخفاض في كميتها والتأثير على نوعيتها.

2-3-3-4 التبخر

أن فاعلية المطر الساقط لا تعتمد على كميته بقدر ما تعتمد على كمية الفاقد منه بالتبخر، إذ يعد عنصرا مهما في تحديد الموازنة المائية للتربة، لذلك أصبح للتبخر دور أساسي في تحديد كمية المياه الداخلة نحو باطن الأرض فضلا عن تقليل المخزون المياه الجوفية السطحية عن طريق تنشيط فاعلية الخاصية الشعرية [3]. كما تتأثر نوعية المياه بكمية التبخر إذ تسبب زيادة التبخر زيادة في تركيز بعض العناصر في المياه [4].

(1) أسباهية يونس المحسن، المصدر السابق، ص42.

(2) هاشم ياسين حمد أمين حداد، المصدر السابق، ص39-40.

(3) أسباهية يونس المحسن، المصدر السابق، ص45.

(4) مريوان أكرم حمه سعيد جناره يي، هيدروجيولوجية وهيدروكيميائية حوض كبران الثانوي، رسالة دكتوراه مقدمة إلى كلية العلوم-جامعة بغداد، غير منشورة، 2003، ص25.

تم استخدام معادلة إيفانوف (*) لاستخراج مقادير التبخر التي تعتمد على معدلات درجات الحرارة الشهرية و معدلات الرطوبة النسبية الشهرية (الجدول 2-3)، إذ يتضح بان المجموع السنوي للتبخر في منطقة الدراسة تبلغ (2822.2) ملم، وبالنظر لانخفاض درجات الحرارة في فصل الشتاء فإن نسب التبخر تكون في أقل مستوياتها (7.7٪)، وترتفع نسب التبخر في فصلي الخريف والربيع وتبلغ (15.8٪)،(29.5٪) على التوالي، بينما في فصل الصيف ترتفع نسب التبخر بفعل الدرجات الحرارة العالية وتسجل أعلى النسب(47٪). لاحظ الجدول (2-3) والشكل (2-3).

وعموما تنخفض نسب التبخر في منطقة الدراسة خلال أشهر الشتاء والخريف والربيع، وهذا يتيح فرصة لتغذية المياه الجوفية من الأمطار، كما ترتفع مناسيبها نتيجة انخفاض نسب التبخر من ماء التربة واضمحلال فاعلية الخاصية الشعرية، وبالتالي يقل تركيز العناصر الموجودة فيها.

(*) $E= 0.008\ (T+25)^2\ (100-RH)$

E = التبخر/ النتح الكلي

T= متوسط درجة الحرارة بالمئوي

RH= معدل الرطوبة النسبية

المصدر/ سعدية عاكول الصالحي وعبد العباس فضيخ الغريري؛ البيئة والمياه، دار صفاء، عمان، 2004، ص42.

الجدول (2-3)

التوزيع الشهري للتبخر (ملم) والنسبة المئوية لمحطة أربيل المناخية حسب معادلة إيفانوف للفترة (1992-2006).

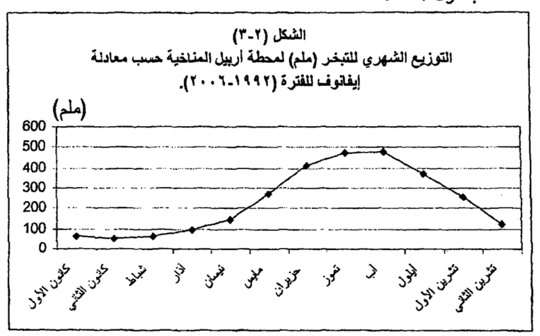
الأشهر	الحرارة (مْ)	الرطوبة النسبية ٪	التبخر (ملم)	النسبة ٪	الفصول	النسبة ٪
كانون الأول	9.79	69	67.5	1.9	الشتاء	7.7
كانون الثاني	8.43	73.5	53.3	2.3		
شباط	9.28	69	65.5	3.5		
آذار	13.17	62.5	98.4	5	الربيع	29.3
نيسان	18.1	56.5	145.5	9.6		
مايس	24.43	38.5	270.5	14.7		
حزيران	30.7	25.4	416.5	16.8	الصيف	47
تموز	34.14	24.6	474.7	17		
آب	34.72	25.4	478.9	13.2		
أيلول	29	29	372.6	9	الخريف	15.7
تشرين الأول	23.7	40	256	4.3		

تشرين الثاني	15.12	57.5	123	2.4		
المجموع السنوي	250.58	571	2822.8	100		100

المصدر من عمل الباحث بالاعتماد على:

1- إقليم كردستان العراق، وزارة النقل، دائرة الأنواء الجوية، بيانات عن المعدلات الرطوبة النسبية للفترة (1993-2006)، محطة أربيل المناخية، بيانات غير منشورة.

2- الجدول (2-1).



المصدر / من عمل الباحث اعتمادا على معطيات الجدول (2-3).

2- 3- 4 طبوغرافية الأرض

يؤثر هذا العامل على تصريف مياه الأمطار وتجميعها، من خلال زيادة أو نقصان سرعة جريان المياه على سطح الأرض وبالتالي نسبة تسربها الداخلي إلى باطن الأرض، إذ أن هناك علاقة عكسية بين انحدار الأرض ونسبة تسرب المياه [1].

يقع حوض سهل أربيل الجوفي في منطقة الهضاب المتموجة، ويتراوح ارتفاعه بين (250-600)م فوق مستوى سطح البحر، ويزداد انحداره تدريجيا كلما تقدمنا من الجنوب والجنوب الغربي نحو الشمال والشمال الشرقي [2]. وفي منطقة الدراسة تأخذ طبوغرافية السطح تقريبا اتجاه انحدار الحوض نفسه، إذ يزداد انحداره كلما اتجهنا من الجنوب الغربي نحو الشمال الشرقي (لاحظ الخارطة 2-4)، وينحصر بين خط الارتفاع المتساوي (390)م في أقصى الجنوب الغربي و (440)م في أقصى الشمال الشرقي من المدينة ويفارق (50)م من الارتفاع.

لذلك هناك احتمال غزارة المياه الجوفية في المناطق الجنوبية الغربية مقارنة مع بقية المناطق بسبب انحدار مياه السيول والأمطار نحوها.

2- 3- 5 التربة

تبرز أهمية التربة في دراسة المياه الجوفية، باعتبار أن أصناف الترب وأنواعها ونسيجها عوامل تتحكم في نفاذيتها، لذلك فهي تؤثر في مقدار ما يتسرب خلالها

---

(1) وفيق حسين الخشاب وآخرون، الموارد الطبيعية، دار الحرية، بغداد، 1976، ص226.

(2) هاشم ياسين حمد أمين حداد، المصدر السابق، ص74.

من المياه إلى داخل القشرة الأرضية [1]، فضلا عن ذلك فان التجوية الكيماوية تزداد بزيادة عمقها وينعكس ذلك على نوعية المياه [2].

يغطي حوض سهل أربيل الجوفي الترب البنية العميقة، وتتكون الطبقة التحتية لمقد التربة من حجر الكلس والحصى من تكوين باى حسن. وتكون نسبة الكلس فيها بين (25-35٪). أما نسبة الجبس فيها فتكون قليلة، إذ تتراوح بين (1-3٪) [3]. ويتراوح عمق التربة مابين (2-4)م، ويبلغ سمك الأفق السطحي (25-35) سم، ونسجتها ناعمة إلى متوسطة النعومة

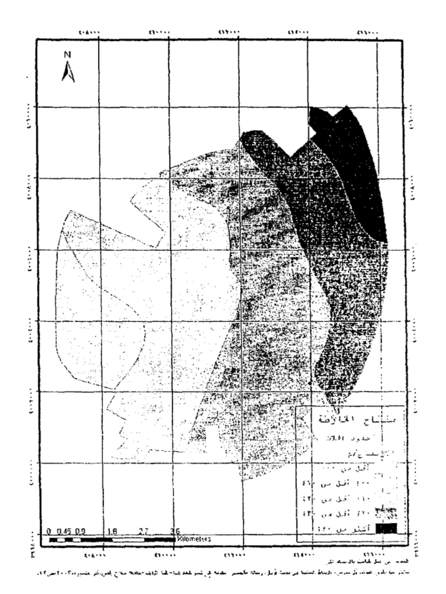
(1) يحيى عباس حسين، المصدر السابق، ص84.

(2) دياري علي محمد أمين المنمي، دراسة كيميائية وبيئية للمياه الجوفية في مدينة السليمانية وضواحيها، رسالة ماجستير مقدمة إلى قسم علم الأرض-كلية العلوم-جامعة بغداد، غير منشورة، 2002،ص44.

(3) بارزان عمر أحمد، دراسة على المنغنيز في بعض ترب شمال العراق، رسالة ماجستير، مقدمة إلى كلية الزراعة-جامعة صلاح الدين، غير منشورة،1984، ص27.

الخارطة (2-4)

خارطة الارتفاعات المتساوية لمنطقة الدراسة



وتركيبها كتلي مستدير الزوايا في الطبقة السطحية، وتكون نفاذيتها متوسطة إلى سريعة. إذ تبلغ (6ملم/ ساعة)، فضلا عن ذلك فإن هذه الترب متطورة، إذ تكون فيها عمليات التجوية الكيماوية والحيوية نشطة [1].

يتضح بان التربة السائدة في الحوض تتصف بنفاذية جيدة فضلا عن نشاط عمليات التجوية الكيماوية التي ستؤثر على عناصر المياه الجوفية.

2- 3- 6 النباتات الطبيعية

تؤدي النباتات الطبيعية دورا سلبيا وإيجابيا على توافر المياه الجوفية ونوعيتها، إذ أن تكاثفها يعمل على زيادة كمية المياه المتسربة إلى القشرة الأرضية عن طريق إعاقة الجريان السطحي ومنع الانجماد داخل مسام التربة والمحافظة على سمك التربة الخازنة للماء والحد من التبخر والامتصاص من التربة، بينما يساعد هذا التكاثف من جهة أخرى على تقليل المخزون المياه الجوفية بفعل الامتصاص والنتح [2].

تسود نباتات السهوب الرطبة في حوض سهل أربيل الجوفي، وهي نباتات قصيرة، تنمو وتزدهر في فصل الشتاء والربيع ويتوقف نشاطها في فصل الصيف، لذلك ليس لها تأثير على كمية المياه الجوفية ونوعيتها. كما تتعرض للرعي الجائر ولزراعة الحبوب [3].

(1) Buringh.p. Soils and soil condition in Iraq, Ministry of Agriculture, Baghdad, 1960, p78.

(2) يحيى عباس حسين، المصدر السابق، ص94.

(3) ليلى محمد قهرمان، التوزيع الجغرافي للترب في محافظة أربيل، مجلة زانكو للعلوم الإنسانية، جامعة صلاح الدين، 1998، ص192.

2-4 مصادر تلوث المياه الجوفية في منطقة الدراسة

تحتوي المياه على أملاح في هيئة أيونات مذابة نقلت من مصادر دورة المياه في الطبيعة سواء من الغلاف الغازي أو الصخري أو الحيوي أو المائي، تسبب تغيرا في نوعيتها وتجعلها غير صالحة للاستعمالات المختلفة عند ارتفاع تراكيزها عن الحدود المسموح بها [1]. لذلك فإن نوعية المياه تعتمد على نوعية مياه المصدر وفيما يأتي مصادر تلوث المياه الجوفية في منطقة الدراسة:-

2- 4- 1 ملوثات مياه الأمطار

تعمل مياه الأمطار أثناء هطولها على غسل الهواء الذي تمر من خلاله، وتذيب ملوثات الهواء الصلبة والغازية المتواجدة فيه، لذلك تحتوي مياه الأمطار على اكاسيد النيتروجين وأكاسيد الكبريت وأكاسيد الكربون التي تحولها إلى أمطار حامضية، فضلا عن غازات الهواء المذابة والغبار والأتربة. وقد يترسب المطر الحامضي إلى مخزون المياه الجوفية، وحينها يزيد من ذوبانية المعادن الثقيلة السامة مثل الخارصين والألمنيوم والرصاص وجميعها ضارة بالصحة [2].

تعد عوادم الوقود من أهم مصادر تلوث الهواء في المدن حيث الكثافة الصناعية والاكتظاظ السكاني، حيث تستخدم في وسائل النقل المختلفة ومحطات توليد الطاقة الكهربائية والاستخدامات المنزلية [3]. ويوضح الجدول (2-4) بعض

---

(1) أزاد محمد أمين وتغلب جرجيس داود، جغرافية الموارد الطبيعية، دار الحكمة، البصرة،1990، ص335.

(2) جمال أحمد الحسين، المصدر السابق، ص ص 111و204.

(3) أيمن سليمان مزاهرة وعلي فالح الشوابكة، المصدر السابق، ص158.

المكونات الأساسية للهواء ونسبة ما تسببه كل من الأنشطة البشرية والعوامل الطبيعية من ملوثات.

الجدول (2-4)

بعض المكونات الأساسية للهواء ونسبة ما تسببه كل من الأنشطة البشرية والعوامل الطبيعية من ملوثات.

بعض ملوثات الهواء الأساسية	من الأنشطة البشرية ٪	من العوامل الطبيعية ٪
ثاني أكسيد الكبريت	70 (الاحتراق)	30
أول أكسيد الكربون	60 (السيارات)	40
ثاني أكسيد الكربون	20	80
أكاسيد النيتروجين	5	95
الغبار والدخان	20	80
الامونيا	40	60
ثاني كبريتيد الهيدروجين	50	50

المصدر/ رجاء وحيد دويدري، البيئة، دار الفكر، دمشق، 2004، ص203.

تعد وسائل النقل المختلفة من المصادر الرئيسة لتلوث الهواء في مدينة أربيل وأخذت أعدادها يتزايد على نحو سريع، إذ بلغت نسبة الزيادة السنوية سنة 1992 (0.19٪) وارتفعت تدريجياً حتى سنة 1997 ثم حدث تزايد سريع و وصل سنة 2005 إلى (28٪) وتضاعف خلال عقد الأخير أكثر من ثلاث مرات. انظر الجدول (2-5).

الجدول (2-5)

عدد مركبات النقل والزيادة السنوية في مدينة أربيل لسنوات 1991-2005

السنوات	المركبات خصوصي/ بالألف	حمل	أجرة	بطاقة تجوال	فحص مؤقت	المجموع	نسبة الزيادة السنوية
1991	22100	21300	15400	-	-	58800	
1992	22167	21300	15446	-	-	58913	٪0.19
1993	22280	21342	15542	-	-	59164	٪0.42
1994	22422	21446	15698	-	-	59566	٪0.67
1995	22595	21460	15785	-	-	59840	٪0.45
1996	22813	21484	15937	-	-	60234	٪0.65
1997	23291	21501	16220	-	-	61012	٪1.3
1998	24127	21528	16688	5481	-	67824	٪11.16
1999	26611	21610	17688	8851	-	74760	٪10.22
2000	30025	22253	18652	11843	-	82773	٪10.7
2001	36470	23550	19388	14819	-	94227	٪13.8
2002	45020	25650	21806	15764	-	108240	٪14.8
2003	55772	37509	23195	16308	-	132784	٪22.67
2004	76603	37673	23248	15483	-	153007	٪15.23
2005	99199	42353	23333	15124	15993	196002	٪28

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على:-

إقليم كردستان العراق، وزارة الداخلية، مديرية مرور أربيل، قسم الكومبيوتر، بيانات عن عدد المركبات، غير منشورة، 2007.

2- 4- 2 المياه العادمة

وهي المياه الناتجة عن أنشطة الإنسان المختلفة في السكن والزراعة والصناعة وهي تحتوي على مكونات كثيرة ومختلفة (عضوية وغير عضوية، جرثومية وإشعاعية وغيرها)، إذن هي مياه جرى استخدامها ولو لمرة واحدة بحيث تغيرت خصائصها ومكوناتها بسبب هذا الاستخدام. وتتكون المياه العادمة من ماء يشكل نسبة 99.9٪ وحوالي 0.01٪ من شوائب مختلفة تعرف بالملوثات [1].

2- 4- 2- 1 مصادر المياه العادمة في منطقة الدراسة

2-4-2-1-1 المياه العادمة المنزلية

وهي المياه الناتجة عن استعمالات المنازل والمؤسسات التي تكون مياهها العادمة مشابهة للمياه العادمة المنزلية ويمكن معالجتها بالطريقة نفسها. وتكون المياه العادمة المنزلية عكرة ذات لون مائل إلى الأصفر أو داكن وتحتوي على بقايا منظفات كيماوية وغائط وبول وكميات هائلة من البكتريا والفطريات والفيروسات [2].

بلغت المساحة المشغولة بالاستعمال السكني خلال عام 2005 في مدينة أربيل (23.270) كم2 وتشكل نسبة 33.95٪ من إجمالي منطقة الدراسة البالغة (68.534) كم2 (الجدول 2-6) ويسكن فيها حوالي (844867) نسمة موزعين على (55) حياً سكنياً.

(1) جمال احمد الحسين، المصدر السابق، ص120-121.

(2) سامح الغرايبة ويحيى الفرحان، المصدر السابق، ص298.

الجدول (2-6)

مساحة استعمالات الأرض في منطقة الدراسة

ت	استعمالات الأرض	المساحة(كم2)	النسبة ٪
1	الاستعمال السكني	23.270	33.95
2	الطرق	12.535	18.3
3	الاستعمال الزراعي	9.304	13.57
4	الاستعمال خدمي	6.940	10.12
5	مساحات الفارغة	6.590	9.6
6	صناعي-تجاري	4.444	6.48
7	مساحات الخضراء	2.655	3.9
8	السهول	1.593	2.32
9	المقابر	1.158	1.7
10	المسطحات المائية	0.04	0.06
المجموع		68534	100

المصدر: إقليم كردستان العراق، وزارة البلديات، قسم التخطيط العمراني، بيانات غير منشورة.

وقد بلغ معدل حصة الفرد من الاستعمال السكني (27.46)م2/ شخص، يتباين هذا المعدل بين (8)م2/ شخص في محلة عمال و (200)م2/ شخص في محلة

بختياري ويمكن تصنيف الأحياء السكنية من حيث الكثافة السكانية للاستعمال السكني إلى الفئات الآتية، لاحظ الجدول (2-7) والخارطة (2-5).

الجدول (2-7)

نصيب الفرد من الاستعمال السكني بحسب الأحياء السكنية في مدينة أربيل عام 2005

ت	المحلة	عام 2001	عام 2005	مساحة الاستعمال السكني(م2)	معدل حصة الفرد م2/ شخص
1	عمال	10943	12330	105408	8
2	عرب	6122	6898	69801	10
3	تعجيل+كلكند (*)	8805	9921	106240	11
4	بهار	27397	30869	410967	13
5	خانقاه	14406	16232	212406	13
6	قلعة	5747	6475	85989	13
7	خبات	36607	41246	597629	14
8	تيراوه	27618	31118	428863	14
9	مستوفي	14225	16028	223482	14
10	نيشتمان	23790	26805	443804	16
11	سيتاقان	21692	24441	387988	16
12	رزكاري	36835	41503	742373	18

13	كوردستان	35455	39948	735019	18
14	سيداوه	27628	31129	565172	18
15	منتكاوه	14871	16756	296820	18
16	باداوه +زراعين+ كاريزان+حمرين	78245	88161	1803564	20
17	زانكو1+زنكو2+ مهاباد	37748	42532	1074380	25
18	شورش	19979	22511	567388	25
19	صلاح الدين	29846	33628	888378	26
20	أزادي1	23098	26025	679558	26
21	خانزاد	24679	27807	759698	27
22	نوروز	34626	39014	1153506	29
23	كاني	23406	26372	799179	30
24	رابرين	21044	23711	722623	30
25	مهندسين	7089	7987	252904	31
26	روناكي+جمهوري	12868	14499	470753	32
27	صناعة+ماجيداوه	4699	5295	184534	35
28	مناره	14504	16342	602689	37
29	كويستان	12112	13647	535916	39
30	أزادي 2	6149	6928	300110	43

31	سفين1+سفين2+ سفين3	6527	7354	358352	49
32	معلمين1+ معلمين2+جنار	17329	19525	1004701	51
34	زانياري	6753	7609	412576	54
35	راستي	6397	7208	422290	58
36	اسكان+مفتي	15102	17016	1045609	61
37	برايتي	11925	13436	829775	62
38	كولان	9758	10995	689063	63
39	علماء+سروران+ هفالان+ جوارجرا	10274	11576	1439928	124
40	بختياري	3541	3990	796594	200
	المجموع	749839	844867	23206029	27.46

المصدر/ من عمل الباحث باعتماد على:-

(1) ساكار بهاء الدين عبد الله آل مدرس، الأنماط السكنية في مدينة أربيل، رسالة ماجستير مقدمة إلى قسم الجغرافية-كلية الآداب-جامعة صلاح الدين، غير منشورة، 2003، ص67. بيانات عن عدد سكان مدينة أربيل لسنة 2001.

(2) تم استخراج مساحة الاستعمال السكني حسب الإحياء باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية.

(3) تم استخراج عدد سكان لسنة 2005 من قبل الباحث وذلك بإضافة نسبة الزيادة السنوية للسكان البالغة 3.028٪ حسب الجهاز المركزي للإحصاء مدينة أربيل.

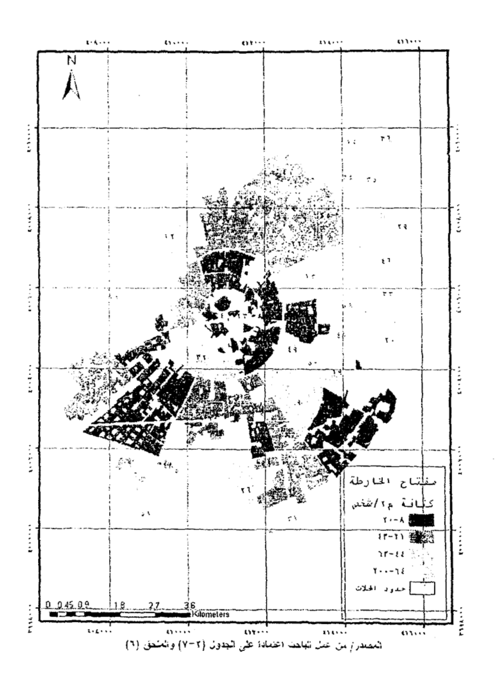
ضم الأحياء السكنية في الجدول أعلاه بسبب تغير عدد و حدود الإحياء السكنية في عام 2005.

1- أحياء ذات كثافة سكانية عالية جداً وتشمل تلك الأحياء التي يقل فيها معدل حصة الفرد عن (21)م2/ شخص وتشمل أحياء عمال، عرب، (تعجيل+كلكند)، بهار، خانقاه، قلعة، خبات، تيراوه، مستوفي، نيشتمان، سيتاقان، رزكاري، كوردستان، سيداوه، منتكاوه، (باداوه+زراعيين+كاريزان+حمرين).

2- أحياء ذات كثافة سكانية عالية يتراوح فيها معدل حصة الفرد بين (21-43)م2/ شخص وتشمل تلك الأحياء (زانكو1+زانكو2+مهاباد)، شورش، صلاح الدين، أزادي1، خانزاد، نوروز، كاني، رابرين، مهندسين، (روناكي+جمهوري)، (صناعة+ماجيداوه)، مناره، كويستان، أزادي2.

الخارطة (2-5)

الكثافة السكانية في مدينة أربيل



المصدر/ من عمل الباحث اعتماداً على الجدول (٢-٧) والملحق (٦)

3- أحياء ذات كثافة سكانية متوسطة يتراوح فيها معدل حصة الفرد بين (44-63)م2/ شخص وتشمل أحياء (سفين1+سفين2+سفين3)، (معلمين1+ معلمين2+جنار)، زانياري، راستي، (اسكان+مفتي)، برايتي، كولان.

4- أحياء ذات كثافة سكانية واطئة يتراوح فيها معدل حصة الفرد بين (64-200)م2/ شخص وتشمل أحياء بختياري، (علماء+سروران+هفالان+جوارجرا).

نستنتج من الجدول (2-8) والخارطة (2-5) ارتفاع الكثافة السكانية في وسط المدينة والأجزاء الجنوبية الغربية فضلا عن جزء في شرق المدينة.

2-4-2-1-2 المياه العادمة الصناعية

تستعمل المياه في الصناعة مادة خام أو مادة مساعدة في الإنتاج أو لأغراض التبريد. وتعرف المياه العادمة الصناعية على أنها المياه الناتجة عن الاستعمالات الصناعية المختلفة التي تحتوي حسب المصدر على مواد كيماوية ضارة ومواد سامة صعبة التحلل [1]. وتعد من أهم مصادر تلوث المياه السطحية والجوفية، وتتصف برائحة خاصة غير مقبولة وتتميز بلون خاص غير اعتيادي أو قد تكون مكسوة بطبقة من الزيت، بالإضافة إلى أن نوعية الصناعة وكمية الإنتاج الصناعي تؤثران على نوعية المياه العادمة الصناعية وكميتها[2]. ويبين الجدول (2-8) أنواع الملوثات التي تحتويها المياه العادمة الصناعية.

(1) سامح الغرايبة ويحيى الفرحان، المصدر السابق، ص301.

(2) مهدي محمد علي الصحاف، الموارد المائية في العراق وصيانتها من التلوث، دار الحرية، بغداد، 1976، ص224.

الجدول (2-8)

بعض أنواع الملوثات التي تحتويها المياه العادمة الصناعية

ت	الملوثات	بعض المصادر
1	تلوث حراري	محطات توليد الطاقة الكهربائية ، معامل غسيل الملابس ، غسل العبوات الزجاجية.
2	كمية عالية من المواد المتسربة	مصانع السكر، مناجم الفحم، مصانع الزجاج، المسالخ، مصانع الدباغة والجلود، مصانع المواد الغذائية، معاصر الزيتون.
3	كمية عالية من المواد الذائبة	صناعة تكرير البترول، تعدين الفحم، صناعة البوتاس، مصانع الدباغة، الصناعة الكيماوية.
4	حوامض	مصانع الغزل والنسيج، صناعة الصابون، الصناعات الكيماوية.
5	قواعد	مصانع الأقمشة، تصنيع المعدن، مغاسل الأقمشة، مغاسل الصوف.
6	مواد سامة	مصانع الدباغة والجلود، صناعة الاصبغة، تصنيع الفحم الحجري، مصانع المبيدات، المصانع الكيماوية.

المصدر: سامح الغرابية ويحيى الفرحان، المدخل إلى العلوم البيئية، ط4، دار وائل، عمان،2003، ص302.

ولحساب كمية الملوثات الناتجة عن منطقة معينة ومقارنة المياه العادمة الناتجة عن المصادر المختلفة كالمياه العادمة الصناعية والمنزلية والزراعية مع بعضها البعض

يتم إيجاد ما يعـرف بالمعادلـة الـسكانية (POPULATION EQUIVALENCE (P.E الـتي تعطي كمية الأوكسجين اللازمـة لتحلـل المـواد العـضوية (الملوثـات) الناتجـة عـن الشخص الواحد يوميا مقدرة ب (BOD_5) والجـدول (2-9) يـبين مـساهمة الفـرد اليومية في محتويات المياه العادمة والتركيز المحتمل لتلك المحتويات [1].

الجدول (2-9)

مساهمة الفرد اليومية في محتويات المياه العادمة والتركيز المحتمل لتلك المحتويات

طبيعة المحتويات	غير عضوية (غم)	عضوية (غم)	المجموع (غم)	BOD_5 (غم)
مواد متسربة	10	30	40	20
مواد غير متسربة	5	10	15	10
مواد ذائبة	75	50	125	30
المجموع	90	90	180	60

المصدر: جمال احمد الحسين، الإنسان وتلوث البيئة، دار الأمـل، اربـد-الأردن، 2004، ص122.

يتضح من الجدول أن مساهمة الفـرد اليوميـة (P.E) تقـدر ب(60غـم) مـن المواد العضوية المقاسة بدلالة (BOD_5) (**) التي هي مقبولة شـريطة وجـود شـبكة

(1) سامح الغرايبة ويحيى الفرحان، المصدر السابق، ص 300.

(**) (BoD5) مختـصر لـ Biochemical Oxygen Demand وتعـني كميـة الأكـسجين المستهلكة حيويا من قبل الكائنات الحية الدقيقة المحللة هوائيا تحت درجة حرارة ثابتة وخـلال فـترة زمنية محددة والرقم (5) يشير إلى فترة خمسة أيام. ينظر إلى: سامح الغرايبة ويحيى الفرحان، المـصدر السابق، ص300.

مجاري لتصريفها، وقد اقترح رفع هذا الرقم إلى (75غم) حيث تكون التجمعات السكنية كثيفة [1].

تنتشر في منطقة الدراسة العديد من المؤسسات الصناعية الكبيرة والصغيرة الحجم. ولكن لتبعثرها وكثرة عددها وعدم وجود البيانات الدقيقة عن مواقعها وأنواعها ركزنا على المناطق الصناعية الرئيسة وهي المنطقة الصناعية الشمالية في الجزء الشمال الشرقي من المدينة والمنطقة الصناعية الجنوبية في جنوب المدينة التي تبلغ مساحتها (2.81) كم2(الخارطة 2-6). والجدول (2-10) يبين أنواع الصناعات المنتشرة في هاتين المنطقتين. إذ يلاحظ فيه أن الصناعة الجنوبية تتنوع فيها أنواع الصناعات وهذا يعني تنوع الملوثات التي تحتوي عليها مياهها العادمة وتأتي المصانع الإنشائية بالمرتبة الأولى من حيث عدد ومساحة المصانع، بينما في الصناعة الشمالية تقل فيها الصناعات من حيث النوع والعدد ويرجع ذلك إلى تخصصها بخدمات السيارات.

(1) أيمن سليمان مزاهرة وعلي فالح الشوابكة، المصدر السابق، ص146.

الجدول (2-10)

أنواع الصناعات في مدينة أربيل وتوزيعها الجغرافي

المنطقة الصناعية	نوع الإنتاج	عدد المصانع	مساحة الأرض م2	عدد العمال	رأس المال/ دينار
الصناعة	إنشائية	207	1090660	1816	17203790000
الجنوبية	حدادة	181	157693	1031	5527920000
	غذائي	92	173700	827	32586300000
	بلاستيكيي	52	89400	518	2435750000
	نجارة	50	35220	286	1043935000
	خدمي	36	40800	412	1657700000
	مختلط	36	63550	603	3057500000
	ألمنيوم	22	27200	186	1304950000
	كيماوي	16	38600	206	2087250000
	ملبوسات	11	4850	77	480750000
	صناعيي	5	15800	38	391000000
	مطبعة	2	2000	9	320000000
المجموع		710	1739473	6009	68096845000
الصناعة	إنشائية	1	1500	5	22500000
الشمالية	غذائي	6	4900	49	140100000

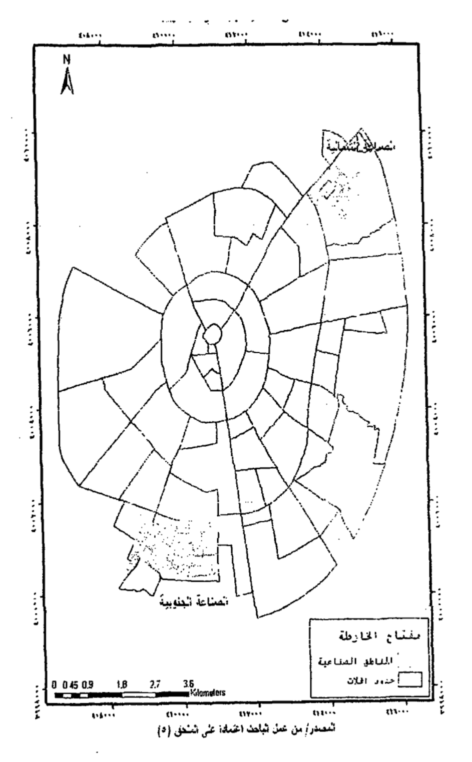
	حدادة	4	7000	44	150950000
	مختلط	3	8500	26	124500000
	خدمي	16	9000	81	164160000
المجموع		30	30900	205	602210000

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على:

حكومة إقليم كردستان، وزارة الصناعة، مديرية العامة للصناعة، شعبة الكومبيوتر، بيانات غير منشورة،2007.

الخارطة (2-6)

المناطق الصناعية الرئيسة في مدينة أربيل



المصدر/ من عمل الباحث اعتمادا على الملحق (٥)

2-4-2-1-3 المياه العادمة الزراعية

تشمل المياه العادمة الزراعية، المياه الناتجة عن الأنشطة الزراعية المختلفة، ومنها المياه العادمة الناتجة عن الإنتاج الحيواني التي هي عبارة عن المياه المستعملة في الإنتاج الحيواني مخلوطة مع بول وغائط الحيوانات [1]. ومنها المياه العادمة الناتجة عن استخدام الأسمدة والمبيدات المختلفة في الإنتاج الزراعي إذ تنتقل مع مياه الري ومع مياه الأمطار إلى المياه الجوفية والسطحية. وتحتوي الأسمدة الكيماوية على مركبات الفسفور والنيتروجين والبوتاسيوم وتتصف مركبات الفسفور بأنها ثابتة، والنيتروجين يتأكسد ويتحول إلى النترات أما البوتاسيوم فانه سريع الذوبان وتعد هذه المركبات جميعها سامة. و أما المبيدات فان لمعظمها دور مهم في تلوث مصادر المياه، وخصوصا الجوفية منها بسبب حركتها بين عناصر البيئة وسميتها بالنسبة للإنسان والحيوان. [2]

تشغل مساحة الاستعمال الزراعي (9.304) كم2 وتشكل نسبة 13.57٪ من المساحة المدروسة (الجدول 2-7)، وتنتشر في أطراف المدينة، لا حظ الخارطة (2-7). تزرع فيها الحنطة الشعير فقط ولا تتوفر بيانات عن كمية الأسمدة الكيماوية والمبيدات المستخدمة فيها ونوعيتها، ويعود ذلك إلى عدة أسباب منها:

1- عدم تمكن الجهات المعنية من متابعة الفلاحين.
2- عدم توزيع الأسمدة والمبيدات من قبل الجهات المعنية.
3- توفر الأسمدة والمبيدات في الأسواق.

(1) سامح الغرايبة ويحيى الفرحان، المصدر السابق، ص305.

(2) للتفاصيل ينظر : جمال أحمد الحسين، المصدر السابق، ص ص 106-216 و رجاء وحيد دويدري، البيئة، المصدر السابق، ص254-257.

2-2-4-2 تصريف المياه العادمة

إن التخلص من المياه العادمة في المدن يتم عن طريق نظام مجاري المياه العادمة، وهي تختلف عن مجاري تصريف مياه الأمطار ونواتج غسيل الساحات والشوارع [1]. وتقوم بعض الدول بإنشاء محطات لمعالجة المياه العادمة وإعادة استخدامها لإغراض الزراعة والري، أما الفضلات الخطرة والسامة والمشعة فتتم معالجتها في مواقع خاصة وبطريقة علمية[2]. وفيما يخص منطقة الدراسة تتبع الطرق القديمة للتخلص من الفضلات البشرية، إذ يقوم المواطنين بحفر البالوعات CESS POOL بأعماق (15-25) داخل دورهم [3].وهذا بدورها تسهم في تلوث المياه الجوفية، إذ أن الفضلات السائلة في البالوعات تؤدي إلى تسرب المياه الملوثة المتجمعة فيها نحو باطن الأرض ، سالكة في كثير من الأحيان مسالك ومجاري المياه الجوفية حتى تصل إلى مستوى المياه الباطنية طبيعيا أو بعملية الشحن، إذ تتحرك المياه الملوثة نحو مواضع المياه المسحوبة لتحل محلها مسببة تلوث المياه الجوفية [4].

---

(1) مهدي محمد علي الصحاف، الموارد المائية في العراق وصيانتها من التلوث، دار الحرية، بغداد، 1976،ص251.

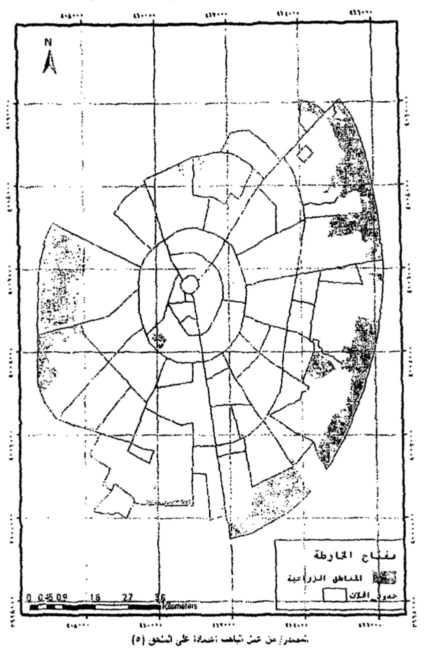
(2) التقرير السنوي 2001، حكومة إقليم كردستان العراق، وزارة الصحة والشؤون الاجتماعية، دائرة صحة أربيل، قسم الوقاية الصحية وحماية البيئة، شعبة حماية البيئة، ص92.

(3) التقرير السنوي 2001، المصدر السابق ، ص93.

(4) أزاد محمد أمين وتغلب جرجيس داود، المصدر السابق، ص322.

الخارطة (2-7)

المناطق الزراعية في مدينة أربيل



المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على الملحق (٥)

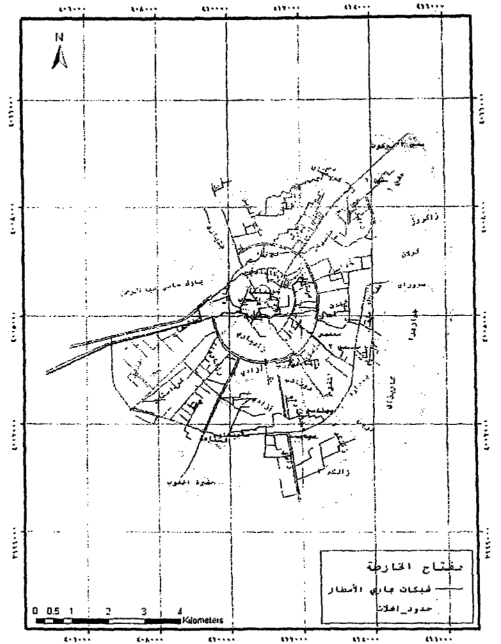
لم تنشأ في منطقة الدراسة مجاري تصريف المياه العادمة منذ نشأتها، أما بالنسبة لمجاري تصريف الأمطار، كما أشرنا إليه سابقا، يساعد وادي أربيل الشمالي و وادي أربيل الجنوبي على تصريف مياه الأمطار، فضلا عن إنشاء شبكات المجاري المطرية في العديد من المناطق وشوارع المدينة الرئيسة، لاحظ الخارطة (2-8). يبلغ طول المجاري المنجزة داخل المدينة (200كم) وتشكل نسبة 20٪ من احتياجات المدينة [1]. إذ لا ترتبط بتأسيسات مجاري المياه العادمة المنزلية والصناعية، لذلك يجب أن لا تكون مياهها ملوثة إلى درجة عالية جدا. ولكن الفحوصات المختبرية التي أجريت لهذه المياه أثبتت عكس ذلك نتيجة التجاوزات التي تحدث، إذ تلقى فيها الفضلات البشرية والمياه العادمة في المناطق الصناعية وخاصة في المناطق القريبة من المجاري الرئيسة. ناهيك عن المياه العادمة من المناطق السكنية. وهذا يحد من عمر الشبكات بسبب انبعاث غاز كبريتيد الهيدروجين وتفاعلاتها التي تسبب تآكلا وتنخراً للأنابيب الكونكريتية والمخصصة لجريان مياه الأمطار[2].

(3) مقابلة شخصية مع المهندس سرود عبد المجيد، مدير مجاري أربيل، بتاريخ 6/ 8/ 2007.

(1) التقرير السنوي 2001، المصدر السابق، ص93.

الخارطة (2-8)

شبكات تصريف مياه الأمطار في مدينة أربيل



حكومة إقليم كردستان العراق/ وزارة البلديات، مديرية مجاري أربيل، قسم الفني، خريطة غير منشورة، ٢٠٠٧.

الفصل الثالث

التحليل المكاني للخصائص النوعية لمياه الآبار المدروسة

2-1 المقدمة

2-2 خصائص الطبيعية

2-3 الخصائص الكيماوية

2-4 الخصائص الحيوية

الفصل الثالث

التحليل المكاني للخصائص النوعية لمياه الآبار المدروسة

3-1 المقدمة

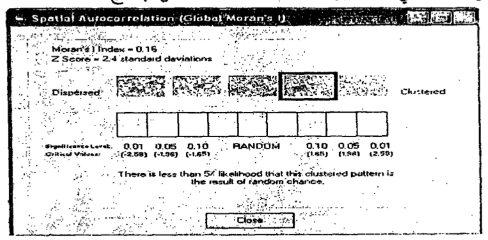
يهدف هذا الفصل إلى معرفة الخصائص الطبيعية والكيماوية والحيوية لمياه الآبار المدروسة في منطقة الدراسة، وتقييم درجة صلاحيتها استنادا إلى معايير عراقية تبرز مدى الاستفادة والانتفاع من هذه المياه وبالتالي معرفة نوعية و تركيز ملوثاتها. فضلا عن توضيح صورة التوزيع الحالية لخصائص مياه الآبار المدروسة من خلال استعمال المؤشرات الإحصائية التي تحدد خصائص توزيع عناصر المياه واتجاهاتها المكانية من حيث التجمع أو التشتت حول قيمة معينة فضلا عن إظهار التباينات المكانية. إذ استخدم الوسط الحسابي لعمل نماذج تمثل مجموعة قيم عناصر المياه الجوفية في منطقة الدراسة، كما استخدم الانحراف المعياري للتعرف على مقدار القيمة النموذجية للوسط الحسابي فإذا كان الانحراف المعياري أكبر من الوسط الحسابي دل ذلك على تباين التوزيع المكاني للظاهرة على مستوى منطقة الدراسة، أما إذا كان الانحراف المعياري أقل من الوسط الحسابي فهذا معناه تماثل توزيع الظاهرة على مستوى منطقة الدراسة. فضلا عن استخدام الارتباط الذاتي المكاني(*) في قياس نمط انتشار عناصر المياه الجوفية في الآبار. باستخدام تقنية نظم

(*) الارتباط الذاتي المكاني SPATIAL AUTOCORRELATION: ارتباط متغير مع نفسه (أي تشابه الخصائص) على مستوى مكان محدد. ويستند هذا النوع من الارتباط على مواقع الخاصية وقيمتها معا. فإذا كان نمط التوزيع المكاني للمتغير منظماً دل على الارتباط الذاتي للمتغير. هناك عدة معادلات يحسب على أساسها الارتباط الذاتي المكاني، كـا(MORAN'S I, GEARY'S C,

المعلومات الجغرافية والهدف هو إنشاء قاعدة بيانات جغرافية لإدارة الآبار المدروسة وتقويمها وتحليلها بوصفها وسيلة تتصف بالسرعة والدقة في عملية التحليل وتحديد المخرجات النهائية من البحث التي تتضمن خرائط وبيانات إحصائية مجدولة.

تم دراسة 312 بئرا من أصل 360 بئراً وجميعها تابعة لمديرية ماء أربيل وتستخدم هذه الآبار لأغراض الشرب في مدينة أربيل، وبعد جمع عينات المياه الجوفية و إجراء التحاليل الكيماوية في المختبرات التابعة للجهة المذكورة، قام

(RIPLEY'S K, JOIN COUNT ANALYSIS ولكن أكثرها شهرة هي (MORAN'S I)، ويقع معامل الارتباط الذاتي حسب دليل (MORAN'S I) بين (+1و-1)، فإذا كانت قيمة دليل موران قريبة من (+1) فهذا يعني أن المناطق القريبة أكثر تشابها ويصف النمط بالتجمع، وإذا كانت قريبة من (-1) فهذا تشير إلى عدم تشابه المناطق القريبة ويصف النمط بالتشتت، أما إذا كانت قيمة دليل موران صفراً لن يكون هناك ارتباط ذاتي مكاني ويسمى النمط بالعشوائي. ويشير الانحراف المعياري (نتيجة (Z)) إلى أن نمط التجمع أو التشتت يمكن أن يكون نتيجة الفرصة العشوائية أو المعنوية. وفيما يأتي نيجة تطبيق معادلة (MORAN'S I) داخل البرنامج:-



للتفاصيل يراجع:

SPATIAL AUTOCORRELATION. INTERNET (WWW.CSS.CORNELL.EDU/COURSES/620/LECTURE9.PP)20/8/2007

الباحث باختبار صحة(**) ACCURACY التحاليل للتأكد من صلاحية النتائج. ويمكن حساب صحة التحاليل من الفرق بين مجموع تراكيز الايونات الموجبة والسالبة على مجموعهم الكلي ومقاسا بوحدات (♦) EPM (ملمكافئ بالمليون المئوي) وإذا كانت الصحة أقل من 15 يمكن الاعتماد على نتائج التحليل (أنظر الملحق 1).

3-2 الخصائص الطبيعية

3- 2- 1 العكرة TURBIDITY

عكرة المياه هي قدرتها على بعثرة الضوء المتساقط عليها، وهي تنجم عن وجود مواد صلبة عالقة فيها مثل دقائق التربة والرمل والطين والمواد العضوية واللاعضوية، وكذلك يمكن أن تحدث بسبب وجود بكتريا أو كائنات حية دقيقة أو نباتات طافية.

يفضل استعمال المياه الخالية من العكرة في الشرب وعمليات الإنتاج الصناعي المختلفة، لأن زيادة العكرة تؤثر على جمالية الماء، وكذلك يمكن أن تحتوي

(**) يمكن حساب صحة التحاليل حسب المعادلة الآتية:

$$r\Sigma\ Cation = rK + rNa + rMg + rCa$$

$$r\Sigma\ Anion = rHCO_3 + rSO_4 + rCl + rNO_3$$

$$\Delta = |\ r\Sigma\ Cation - r\Sigma\ Anion\ |$$

$$T = r\Sigma\ Cation + r\Sigma\ Anion$$

$$U\% = (\Delta / T) * 100$$

$$A = 100 - U$$

(♦) epm = ppm / الوزن المكافئ للأيون

على بكتريا أو عناصر معدنية بين الدقائق العالقة [1]، فضلا عن أنها تستهلك كمية إضافية من الكلور في حال تعقيم المياه ذات العكرة العالية [2].

تكون العكرة قليلة في المياه الراكدة، كما هو الحال في المياه الجوفية، وكثيرة في المياه الجارية نتيجة حركة الترسبات مع التيار المائي [3].

يتضح من تحليل قاعدة بيانات الآبار المدروسة (الملحق 1) تباين توزيع العكرة في مدينة أربيل، إذ أن معدل تركيزها يبلغ (1.2) Nephelometric Turbidity Unit(NTU)، بانحراف معياري (2.33). يتفاوت تركيزها بين (0.01) NTU في البئر (227) في الأجزاء الجنوبية الغربية و(26.5)NTU في البئر (253) في وسط المدينة (انظر الشكل 3-1). ويمكن تصنيف الآبار المدروسة اعتمادا على المواصفات القياسية العراقية (الملحق 2) إلى الفئات الآتية:-

(1) سعاد عبد عباوي و محمد سليمان حسن، الهندسة العملية للبيئة/ فحوصات الماء، دار الحكمة، الموصل، 1990، ص50.

(2) عبد القادر عابد وآخرون، أساسيات علم البيئة، ط2، دار وائل، عمان، 205.

(3) مريوان أكرم حمه سعيد جناره يي، المصدر السابق، ص86.

الجدول (3-1)

تصنيف الآبار المدروسة في مدينة أربيل إلى فئات حسب تركيز العكرة

إذ أن:

Δ : الفرق المطلق بين مجموع الأيونات الموجبة والسالبة.

T : مجموع الأيونات الموجبة والسالبة.

U% : الخطأ النسبي.

r : epm

A: مقدار الصحة

المصدر/ مريوان أكرم حمه سعيد جناره يي، المصدر السابق، ص78.

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على قاعدة بيانات الآبار (الملحق 1).

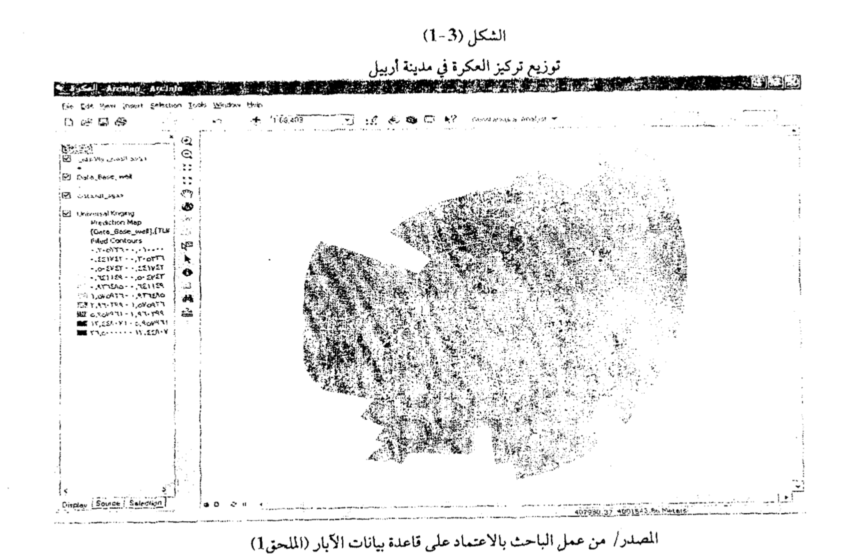
تصنيف المياه	تركيزالعكرة NTU	عدد الآبار	النسبة٪	مؤشر MORAN'S I	نتيجة Z	المعنوية	نمط الانتشار
جيدة	أقل من 5	302	٪96.8	0.01	2.1	0.05	متجمع
متوسطة	5 - 10	6	٪1.92	0.18-	0.2	-	عشوائي
غير صالحة	أكبر من 10	4	٪1.28	-	-	-	-

من الجدول (3-1) يلاحظ مايأتي:

٪96.8 من الآبار المدروسة في مدينة أربيل جيدة من حيث النوعية، إذ يقل تركيز العكرة فيها عن NTU(5) ، وتنتشر على نحو متجمع في جميع أجزاء المدينة، و ٪1.92 من الآبار المدروسة متوسطة النوعية إذ تتراوح العكرة فيها بين (5-10) NTU،وتنتشر على نحو عشوائي ،أما الآبار غير الصالحة فقد كانت أربعة آبار فقط وشكلت نسبة ٪1.28 من الآبار المدروسة ولم تشكل نمطاً لقلة عددها. (أنظر الشكل 3-1)

الشكل (3-1)

توزيع تركيز العكرة في مدينة أربيل



المصدر/ من عمل الباحث بالاعتماد على قاعدة بيانات الآبار (الملحق1)

3- 2- 2 الأس الهيدروجيني pH

يعبر الأس الهيدروجيني عن نشاط آيون الهيدروجين في الماء وهو مقياس للقاعدية والحامضية، تتراوح قيمته بين (0-14)، إذ أن الأرقام الأقل من(7) تشير إلى مياه حامضية والأكثر من (7) تشير إلى مياه قاعدية والرقم (7) هو للمياه المتعادلة، وهو الدرجة المثلى للمياه العذبة، ومع ذلك فإن المياه تبقى صالحة للاستعمال لو زادت أو نقصت قليلا عن (7). أنظر (الملحق 2، المواصفات القياسية العراقية)، وعموما فإن قيمة pH تقع بين (6-9) لمعظم المياه الطبيعية.[1]

تتأثر قيمة pH بتركيز مركبات الكربونات والبيكربونات المذابة في الماء، إذ إن أغلب المياه الطبيعية تميل إلى القاعدية قليلاً بسبب وجود هذين الآيونين، وإن ارتفاع قيمة pH وانخفاضها لهما تأثير على الفعاليات الحيوية والكيماوية في الماء، وكذلك لها علاقة بمشاكل التآكل والطعم.[2]

يتضح من تحليل قاعدة البيانات للآبار المدروسة (الملحق 1) تماثل توزيع pH في مدينة أربيل، إذ أن معدل درجة الأس الهيدروجيني يبلغ (7.6) وبانحراف معياري (0.47). يتفاوت تركيز بين (3.9) في البئر (303) في الأجزاء الجنوبية الغربية، و(8.7) في البئر (239) في الأجزاء الشرقية من المدينة (أنظر الشكل 3-2). ويمكن تصنيف الآبار المدروسة اعتمادا على المواصفات القياسية العراقية (الملحق 2) إلى الفئات الآتية:-

---

(1) عبد القادر عابد وآخرون، المصدر السابق، ص205.

(2) للتفاصيل ينظر:

1- مريوان أكرم حمه سعيد جناره يي، المصدر السابق، ص86.

2- سعاد عبد عباوي ومحمد سليمان حسن، المصدر السابق، ص67.

الجدول (3-2)

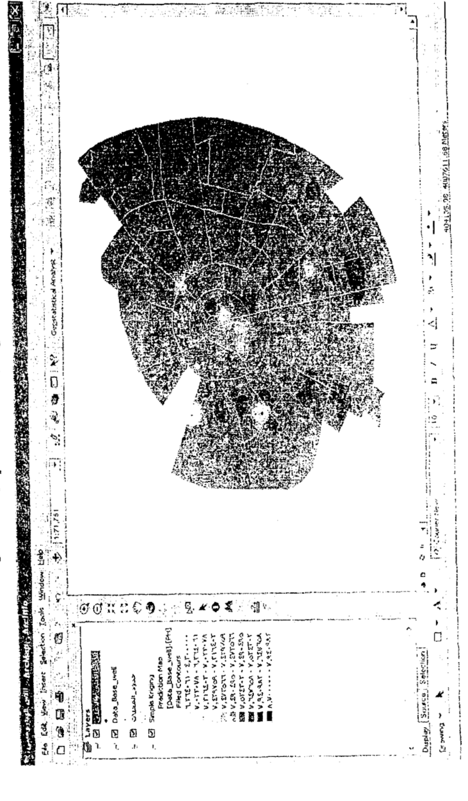
تصنيف الآبار المدروسة في مدينة أربيل إلى فئات حسب قيم الأس الهيدروجيني

تصنيف المياه	قيم PH	عدد الآبار	النسبة٪	مؤشر MORAN'S I	نتيجة Z	المعنوية	نمط الانتشار
جيدة	8.5 – 7	293	٪93.9	0.01	1.6	0.10	متجمع
متوسطة	8.5 – 9.2	6	٪4.8	0.46-	1.4-	–	عشوائي
	7-6.5	9		0.04-	0.8	–	عشوائي
غير صالحة	أقل من 6.5	4	٪1.3	–	–	–	–
	أكبر من 9.2	لا توجد	–	–	–	–	–

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على قاعدة بيانات الآبار (الملحق 1).

الشكل (3-2)

توزيع قيم الأس الهيدروجيني في مدينة اربيل



المصدر/ من عمل الباحث بالاعتماد على قاعدة بيانات الآبار (الملحق1)

من الجدول (3-2) يلاحظ مايأتي:

بلغت نسبة الآبار ذات النوعية الجيدة 94.2٪ من الآبار المدروسة في مدينة أربيل، إذ تتراوح درجة الأس الهيدروجيني فيها بين (7-8.5)، وتنتشر على نحو متجمع في جميع أجزاء المدينة، أما الآبار المتوسطة النوعية فتصنف إلى قسمين، قسم يميل إلى القاعدية، وتتراوح درجة الأس الهيدروجيني فيها بين (8.5-9.2) وتنتشر على نحو عشوائي. وقسم يميل إلى الحامضية وتتراوح درجة الأس الهيدروجيني فيها بين (6.5-7) ، وتنتشر أيضا عشوائيا، ويشكلان معاً نسبة 4.8٪ من الآبار المدروسة. أما الآبار غير الصالحة التي تقل فيها درجة الأس الهيدروجيني عن (6.5) فقد كانت أربعة آبار وبنسبة 1.3٪ من الآبار المدروسة ولم تشكل نمطاً لقلة عددها. (أنظر الشكل 3-2)

3-2-3 التوصيلية الكهربائية

ELECTRICAL CONDUCTIVITY(EC)

التوصيلية الكهربائية للمياه هي قدرتها على حمل التيار الكهربائي، ولها علاقة طردية مع درجة حرارة الماء والمواد الصلبة الذائبة، لذلك يعبر ارتفاع قيمتها عن وجود نسبة كبيرة من الأملاح والقواعد والحوامض، والسبب إما أن يكون طبيعيا أو بفعل الأنشطة البشرية المختلفة.تصل قيمة التوصيل الكهربائي في مياه الأمطار ما بين(2-100) مايكرو موز، وفي المياه الجوفية مابين(50-50000) مايكرو موز، وفي مياه البحر تصل إلى أكثر من (50000) مايكرو موز.[1]

(1) مريوان أكرم حمه سعيد جناره يي، المصدر السابق، ص87.

يتضح من تحليل قاعـدة بيانـات الآبـار المدروسـة (الملحـق 1) تماثـل توزيـع التوصيلية الكهربائية في مدينة أربيل، إذ أن معدل قيمها بوحدة مـايكرو مـوز/ سـم يبلغ (649) وبانحراف معياري (232)، يتفاوت تركيزها بـين (220) في البئـر (9) في الشمال الشرقي، و(1620) في البئر (250) في وسط المدينة (أنظر الشكل 3-3).

الشكل (3-3)

توزيع قيم الوصيلة الكهربائية في مدينة أربيل



المصدر/ من عمل الباحث بالاعتماد على قاعدة بيانات الآبار (الملحق1)

ويمكن تصنيف الآبار المدروسة اعتماداً على (الملحق 2) إلى الفئات الآتية:-

الجدول (3-3)

تصنيف الآبار المدروسة في مدينة أربيل إلى فئات حسب قيم التوصيلية الكهربائية.

تصنيف المياه	قيم EC مايكروموز/ سم	عدد الآبار	النسبة٪	مؤشر MORAN'S I	نتيجة Z	المعنوية	نمط الانتشار
جيدة	أقل من 750	231	٪ 74	0.05	7.5	0.01	متجمع
متوسطة	1500-750	80	٪25.6	0.05	1.5	-	عشوائي
غيرصالحة	أكبر من1500	1	٪0.32	-	-	-	-

المصدر/ من عمل الباحث بالاعتماد على قاعدة بيانات الآبار (الملحق 1).

من الجدول (3-3) يلاحظ مايأتي:-

ثلاثة أرباع الآبار المدروسة في مدينة أربيل ذات نوعية جيدة من حيث قيم التوصيلية الكهربائية، إذ تقل قيم التوصيلة فيها عن (750) مايكرو موز/ سم، وتشكل نمطاً متجمعا، والربع الباقي متوسط النوعية، إذ تتراوح قيم التوصيلية فيه بين (750-1500) مايكرو موز/ سم، وتنتشر عشوائيا. ويوجد بئر واحد غير صالح ويشكل نسبة0.32٪ من الآبار المدروسة وبلغت قيم التوصيلية فيه(1620) مايكرو موز/ سم. (أنظر الشكل 3-3).

3- 2- 4 المواد الصلبة الذائبة TOTAL DISSOLVED SOLIDS (TDS)

يقصد بها مجموع المواد الصلبة الذائبة في الماء ذوباناً حقيقيا، بحيث تبقى مع الماء في عمليات الترشيح، ولا تتضمن المواد العالقة والغروية والغازات الذائبة،

وتسمى أيضا بالملوحة. وتعد المواد الصلبة الذائبة أحد ملوثات المياه الرئيسة . تعد تجوية المياه لصخور القشرة الأرضية المصدرَ الرئيسَ لوجودها، كما أن مياه الفضلات المنزلية والصناعية تعد المصدر الثاني لتلوث المياه بهذه المواد، ويعد التركيز الكلي للمواد الذائبة في الماء عاملاً مهماً في وصف خصائص الماء وتحديد استعمالاته ونوعية المعالجة المطلوبة. إن الآثار السلبية لزيادة تركيز (TDS) في المياه تجعل المياه غيرَ صالحة للاستعمالات المنزلية والصناعية و الزراعية.[1]

تتراوح قيمة (TDS) في مياه الأمطار بين (4-10) ملغم/ لتر مع زيادة تقدر ب(10) ملغم/ لتر للمناطق المعرّضة لتلوّث الهواء وللمياه السطحية (120) ملغم/ لتر وللمياه الجوفية (350) ملغم/ لتر.[2]

وقد ظهر من خلال تحليل قاعدة بيانات الآبار المدروسة (الملحق 1) تماثل توزيع المواد الصلبة الذائبة في مدينة أربيل، إذ أن معدل تركيزها يبلغ (415) ملغم/ لتر بانحراف معياري (149)، يتفاوت تركيزها بين (148.8) ملغم/ لتر في البئر (9) في الجزء الشمالي الشرقي، و(1036) ملغم/ لتر في البئر (250) في وسط المدينة (أنظر الشكل 3-4)، ويمكن تصنيف الآبار المدروسة اعتماداً على المواصفات القياسية العراقية (الملحق 2) إلى الفئات الآتية:-

(1) للتفاصيل يراجع :

1- سعاد عبد عباوي، محمد سليمان حسن، المصدر السابق، ص55.

2- عبد القادر عابد وآخرون، المصدر السابق، ص206.

(2) دياري علي محمد أمين المنمي، المصدر السابق، ص55.

الجدول (3-4)

تصنيف الآبار المدروسة في مدينة أربيل إلى فئات حسب تركيز المواد الصلبة الذائبة.

تصنيف المياه	تركيز TDS (ملغم/ لتر)	عدد الآبار	النسبة٪	مؤشر MORAN'S I	نتيجة Z	المعنوية	نمط الانتشار
جيدة	اقل من500	243	٪77.8	0.05	7.6	0.01	متجمع
متوسطة	1500-500	69	٪22.1	0.02	0.6	-	عشوائي
غيرصالحة	أكبر من1500	لا توجد	-	-			

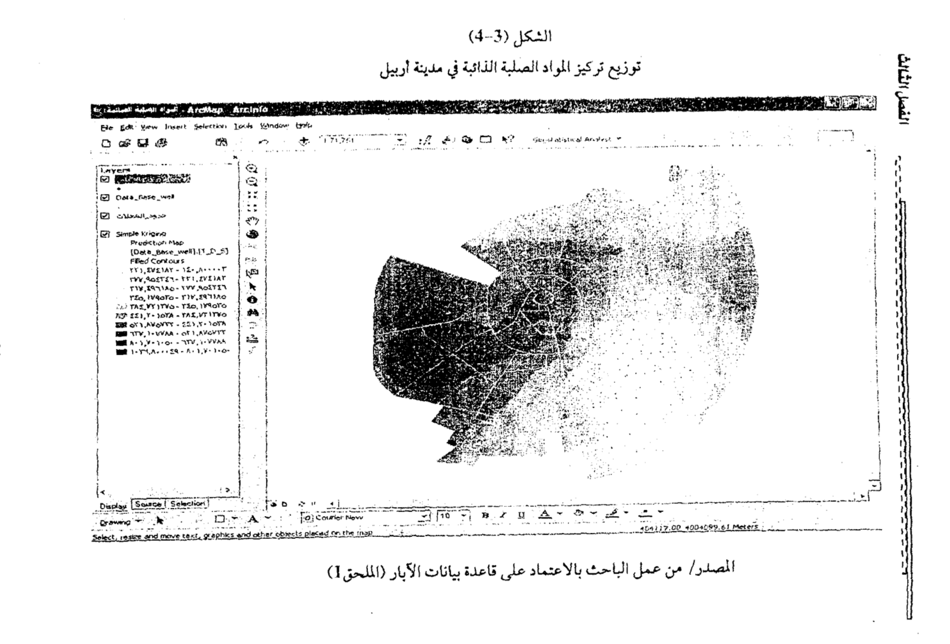
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على قاعدة بيانات الآبار (الملحق 1).

من الجدول (3-4) يلاحظ مايأتي:

توصف أكثر من ثلاثة أرباع الآبار المدروسة في مدينة أربيل بالجيدة النوعية إذ يقل تركيز المواد الصلبة الذائبة فيها عن (500) ملغم/ لتر، وتنتشر على نحو متجمع في كافة أجزاء المدينة. و22.1٪ من الآبار المدروسة هي متوسطة النوعية إذ يتراوح تركيز المواد الصلبة الذائبة فيها بين (500-1500)، وتنتشر عشوائيا. ولا وجود للآبار غير الصالحة. (أنظر الشكل 3-4)

الشكل (3-4)

توزيع تركيز المواد الصلبة الذائبة في مدينة أربيل



المصدر/ من عمل الباحث بالاعتماد على قاعدة بيانات الآبار (الملحق I)

3-3 الخصائص الكيماوية

3- 3- 1 الكالسيوم CA

المصدر الرئيس لأيون الكالسيوم في المياه يأتي من التجوية الكيماوية للصخور ويكثر تواجده في الصخور الرسوبية الكربونية كما يتواجد بنسب مختلفة في الصخور النارية والمتحولة. يصل تركيز الكالسيوم في مياه الأمطار إلى (80) مايكرو غرام/ لتر، وفي مياه الأنهار إلى (15) ملغم/ لتر، وفي المياه الجوفية إلى (50) ملغم/ لتر.[1]

يتضح من تحليل قاعدة بيانات الآبار المدروسة (الملحق 1) تماثل توزيع الكالسيوم في مدينة أربيل، إذ أن معدل تركيزه يبلغ (33) ملغم/ لتر وبانحراف معياري (15.5). يتفاوت تركيز بين (10) ملغم/ لتر في البئر (280) في أقصى الشمال الشرقي، و(132) ملغم/ لتر في البئر (77) في وسط المدينة (انظر الشكل 3-5). ويمكن تصنيف الآبار المدروسة اعتمادا على المواصفات القياسية العراقية (الملحق 2) إلى الفئات الآتية:-

(1) المصدر نفسه، ص68.

الجدول (3-5)

تصنيف الآبار المدروسة في مدينة أربيل إلى فئات حسب تركيز الكالسيوم.

تصنيف المياه	تركيز CA (ملغم/لتر)	عدد الآبار	النسبة٪	مؤشر MORAN'S I	نتيجة Z	المعنوية	نمط الانتشار
جيدة	أقل من 75	307	٪98.4	0.12	13.9	0.01	متجمع
متوسطة	75-200	5	٪1.6	-0.82	-1	-	عشوائي
غير صالحة	أكبر من200	لا توجد	-				

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على قاعدة بيانات الآبار (الملحق 1).

من الجدول (3-5) يلاحظ مايأتي:

٪98.4 من الآبار المدروسة في مدينة أربيل يقل تركيز الكالسيوم فيها عن (75) ملغم/ لتر، وتنتشر على نحو متجمع في جميع أجزاء المدينة، وتعد ضمن النوعية الجيدة، والبقية تصنف ضمن النوعية المتوسطة التي تشكل ٪1.6 من الآبار المدروسة ويتراوح تركيز الكالسيوم فيها بين (75-200) ملغم/ لتر، وتنتشر عشوائيا في المدينة، ولا توجد الآبار غير الصالحة. (أنظر الشكل 3-5)

الشكل (5-3)

توزيع تركيز الكالسيوم في مدينة اربيل



المصدر/ من عمل الباحث بالاعتماد على قاعدة بيانات الآبار (الملحق 1)

3- 3- 2 **المغنسيوم** MG

تعد الصخور الرسوبية المصدر الرئيس لأيون المغنسيوم إذ يوجد فيها بنسبة 4.7٪ كما يتواجد في الصخور النارية والمعادن الطينية. يصل تركيز المغنسيوم في مياه الأمطار إلى (288) مايكرو غرام/ لتر، وفي الأنهار إلى (4.1) ملغم/ لتر، وفي المياه الجوفية إلى (7) ملغم/ لتر.[1]

يتضح من تحليل قاعدة بيانات الآبار المدروسة (الملحق 1) تماثل توزيع المغنسيوم في مدينة أربيل، إذ أن معدل تركيزه يبلغ (36.8) ملغم/ لتر وبانحراف معياري (12.6). يتفاوت تركيزه بين (5.2) ملغم/ لتر في البئر (252) بالقرب من الأجزاء الوسطية، و(95.4) ملغم/ لتر في البئر (138) في أقصى الجنوب من المدينة (أنظر الشكل 3-6). ويمكن تصنيف الآبار المدروسة اعتماداً على المواصفات القياسية العراقية (الملحق 2) إلى الفئات الآتية:-

(1) مريوان أكرم حمه سعيد جناره يي، المصدر السابق، ص92.

الجدول (3-6)

تصنيف الآبار المدروسة في مدينة أربيل إلى فئات حسب تركيز المغنسيوم.

تصنيف المياه	تركيز MG (ملغم/لتر)	عدد الآبار	النسبة٪	مؤشر MORAN'S I	نتيجة Z	المعنوية	نمط الانتشار
جيدة	أقل من50	272	٪87.2	0.01	2.1	0.05	متجمع
متوسطة	50 - 150	40	12.8	0.03-	0.1-	-	عشوائي
غيرصالحة	أكبر من150	لا توجد	-	-	-	-	-

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على قاعدة بيانات الآبار (الملحق 1).

من الجدول (3-6) يلاحظ ماياتي:

87.2٪ من الآبار المدروسة في مدينة أربيل جيدة النوعية إذ يقل تركيز المغنسيوم فيها عن (50) ملغم/ لتر، وتنتشر على نحو متجمع في جميع أجزاء المدينة، و 12.8٪ من الآبار المدروسة متوسط النوعية إذ يتراوح تركيز المغنسيوم فيها بين (50-150) ملغم/ لتر، وتنتشر عشوائياً، ولا توجد الآبار غير الصالحة.(أنظر الشكل 3-6)

الشكل (3-6)

توزيع تركيز المغنسيوم في مدينة اربيل



المصدر/ من عمل الباحث بالاعتماد على قاعدة بيانات الآبار (الملحق 1)

3- 3- 3 العسرة الكلية TOTAL HARDNESS

تعرف العسرة بأنها قابلية الماء على ترسيب الصابون، وتعود العسرة إلى وجود مركبات الكالسيوم والمغنيسيوم على شكل بيكاربونات وكبريتات وكلوريدات في الماء، وتسمى العسرة الكربونية بالعسرة المؤقتة لأنها تترسب بالغليان، أما العسرة غير الكربونية فتسمى بالعسرة الدائمة لأنها لا تترسب أثناء الغليان مثل عسرة الكبريتات والكلوريدات [1]. وتنشأ مياه العسرة عندما تسقط مياه الأمطار على الأرض وتذيب الأملاح من التربة . وتختلف عسرة المياه باختلاف المورد المائي، إذ تكون المياه السطحية اقل عسرة من المياه الجوفية.[2]

تكمن أهمية العسرة في تقييم المياه للاستعمالات المختلفة وخاصة الاستعمالات الصناعية كما أن لها علاقة بأمراض القلب والشرايين، إذ ترتبط مع هذه الأمراض بعلاقة عكسية [3]، كما أنها مزعجة في التعامل مع الصابون وتترك ترسبات على جدران أنابيب المياه الحارة والمراجل.[4]

يتضح من تحليل قاعدة بيانات الآبار المدروسة (الملحق 1) تماثل توزيع العسرة الكلية في مدينة أربيل، إذ أن معدل تركيزها يبلغ (234) ملغم/ لتر وبانحراف معياري (63). يتفاوت تركيزها بين (90) ملغم/ لتر في البئر (77) في الأجزاء الوسط، و(540) ملغم/ لتر في البئر (74) أيضا في الأجزاء الوسطية من المدينة

(1) سعاد عبد عباوي ومحمد سليمان حسن، المصدر السابق، ص81.

(2) أفراح كافي محمد النبوي، هيدروجيولوجية وهيدروكيميائية حوض حرير، رسالة ماجستير مقدمة إلى قسم علم الأرض-كلية العلوم- جامعة صلاح الدين، غير منشورة، 2002، ص155.

(3) دياري علي محمد أمين المنمي، المصدر السابق، ص66

(4) عبد القادر عابد وآخرون، المصدر السابق، ص209.

(أنظر الشكل 3-7). ويمكن تصنيف الآبار المدروسة اعتمادا على المواصفات القياسية العراقية (الملحق 2) إلى الفئات الآتية:-

الجدول (3-7)

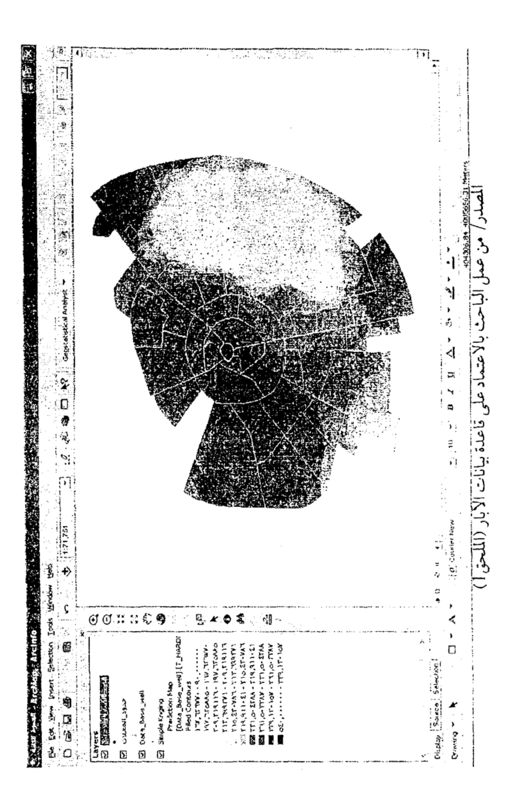
تصنيف الآبار المدروسة في مدينة أربيل إلى فئات حسب تركيز العسرة الكلية.

تصنيف المياه	تركيز العسرة الكلية(ملغم/ لتر)	عدد الآبار	النسبة٪	مؤشر MORAN'S I	نتيجة Z	المعنوية	نمط الانتشار
جيدة	أقل من 100	1	٪0.32	-	-	-	-
متوسطة	100-500	310	٪99.3	0.08	10.1	٪1	متجمع
غير صالحة	أكبر من 500	1	٪0.32	-	-	-	-

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على قاعدة بيانات الآبار (الملحق 1).

الشكل (3-7)

توزيع تركيز العسرة الكلية في مدينة أربيل



المصدر/ من عمل الباحث بالاعتماد على قاعدة بيانات الآبار (الملحق1)

من الجدول (3-7) يلاحظ ماياتي:-

(310) من أصل (312) بئراً في مدينة أربيل تعد متوسطة النوعية و تشكل 99.3٪ من الآبار المدروسة إذ يتراوح تركيز العسرة الكلية فيها بين (100-500) ملغم/ لتر، ولها انتشار متجمع في جميع أجزاء المدينة، أما البئران الأخريان فقد كانت إحداهما غير صالحة والأخرى جيدة النوعية. (أنظر الشكل 3-7)

3- 3- 4 القلوية الكلية TOTAL ALKALINITY

يعد أيون الكربونات والبيكربونات مصدرا للقلوية، والقلوية الكلية عبارة عن قياس الكربونات والبيكربونات والهيدروكسيل المذابة في الأنهار والمياه الجوفية. وأهم مصادرها هو ثاني أكسيد الكربون الموجودة في الجو بعد إذابته وكذلك تجوية المعادن السليكاتية والكربونية، كما أن تأكسد المواد العضوية واختزال النترات والنتريت تساهم في تكوين البيكربونات في المياه.

يكون تركيز البيكربونات في مياه الأمطار (120) مايكرو غرام/ لتر، وفي المياه السطحية (58) ملغم/ لتر وفي المياه الجوفية التي تلامس الصخور السليكاتية (50-250) ملغم/ لتر.[1]

يتضح من تحليل قاعدة بيانات الآبار المدروسة (الملحق 1) تماثل توزيع القلوية الكلية في مدينة أربيل، إذ أن معدل تركيزها يبلغ (202) ملغم/ لتر وبانحراف معياري (39). يتفاوت تركيزها بين (74) ملغم/ لتر في البئر (230) في أقصى الجنوب الغربي، و(330) ملغم/ لتر في البئر (74) في وسط المدينة (أنظر الشكل 3-

(1) دياري علي محمد أمين المنمي، المصدر السابق، ص77-78.

8). ويمكن تصنيف الآبار المدروسة اعتمادا على المواصفات القياسية العراقية (الملحق 2) إلى الفئات الآتية:-

الجدول (3-8)

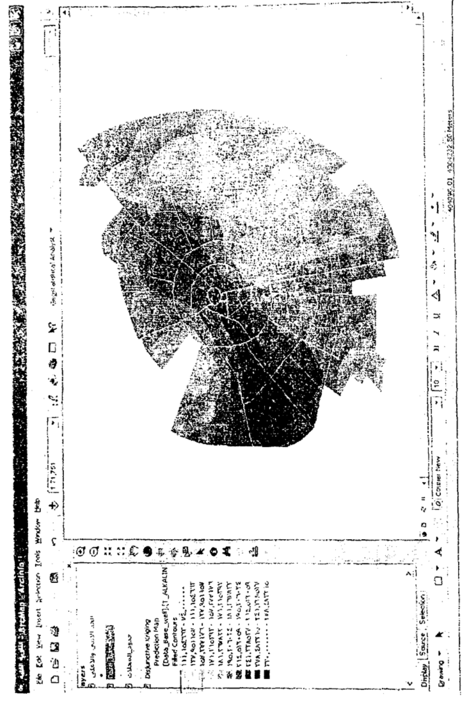
تصنيف الآبار المدروسة في مدينة أربيل إلى فئات حسب تركيز القلوية.

تصنيف المياه	تركيز القلوية (ملغم/لتر)	عدد الآبار	النسبة٪	مؤشر MORAN'S I	نتيجة Z	المعنوية	نمط الانتشار
جيدة	اقل من125	7	٪2.2	0.12	0.5	-	عشوائي
متوسطة	125-200	176	٪56.4	0	0.6	-	عشوائي
غيرصالحة	أكبر من 200	129	٪41.3	0.12	3.5	0.01	متجمع

المصدر/ من عمل الباحث بالاعتماد على قاعدة بيانات الآبار (الملحق 1).

الشكل (3-8)

توزيع تركيز القلوية الكلية في مدينة اربيل



المصدر/ من عمل الباحث بالاعتماد على قاعدة بيانات الآبار (الملحق1)

من الجدول (3-8) يلاحظ مايأتي:

41.3 من الآبار المدروسة في مدينة أربيل تعد غير صالحة إذ يزيد تركيز القلوية فيها عن (200) ملغم/ لتر، وتنتشر على نحو متجمع في المدينة. و 56.4٪ من الآبار المدروسة تصنف ضمن الآبار متوسطة النوعية إذ يتراوح تركيز القلوية فيها بين (125-200) ملغم/ لتر، وتنتشر عشوائياً في المدينة. والنسبة الباقية من الآبار 2.2٪ تعد جيدة النوعية، إذ يقل تركيز القلوية فيها عن (125) ملغم/ لتر، وتنتشر عشوائيا. (أنظر الشكل 3-8)

3- 3- 5 **النترات** NO_3

النترات هي إحدى أشكال النيتروجين في المياه. وتوجد في المواد العضوية، وتأتي النترات إلى المياه من مصادر متعددة، ومنها مياه الأمطار التي تحمل مركبات النيتروجين من الجو، ومياه الفضلات المنزلية والصناعية الملوثة بهذا المركبات، ومياه البزل من الأراضي الزراعية التي تستخدم فيها مركبات النيتروجين كسماد.[1]

أن التراكيز الطبيعية للنترات في ماء المطر يتراوح بين(0.1-0.3) ملغم/ لتر وتحتوي المياه الجوفية الطبيعية على تراكيز من النترات يتراوح من(0.1-10) ملغم/ لتر، و وجود هذه المادة أكثر من حدودها المسموح بها في الماء يؤثر على الصحة العامة ويسبب أمراضا مختلفة للذين يشربون من تلك المياه على نحو مستمر.[2]

يتضح من تحليل قاعدة بيانات الآبار المدروسة (الملحق 1) تماثل توزيع النترات في مدينة أربيل، إذ أن معدل تركيزها يبلغ (31.8) ملغم/ لتر وبانحراف

(1) سعاد عبد عباوي ومحمد سليمان حسن، المصدر السابق، ص147.

(2) التقرير السنوي 2001، المصدر السابق، ص7.

معياري (26.3). يتفاوت تركيزها بين (2) ملغم/ لتر في البئر (112) في أقصى الشمال الشرقي، و(250) ملغم/ لتر في البئر (77) في وسط المدينة (أنظر الشكل 3-9).

الشكل (3-9)

توزيع تركيز النترات في مدينة اربيل



المصدر/ من عمل الباحث بالاعتماد على قاعدة بيانات الآبار (الملحق ١)

ويمكن تصنيف الآبار المدروسة اعتمادا على المواصفات القياسية العراقية (الملحق 2)إلى الفئات الآتية:-

الجدول (3-9)

تصنيف الآبار المدروسة في مدينة أربيل إلى فئات حسب تركيز النترات.

تصنيف المياه	تركيزالنترات (ملغم/لتر)	عدد الآبار	النسبة٪	مؤشر MORAN'S I	نتيجة Z	المعنوية	نمط الانتشار
جيدة	أقل من50	269	٪86.2	0.07	7.7	0.01	متجمع
غيرصالحة	50 فأكثر	43	٪13.8	0.16	2.4	0.05	متجمع

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على قاعدة بيانات الآبار (الملحق 1).

من الجدول (3-9) يلاحظ مايأتي:

86.2٪ من الآبار المدروسة في مدينة أربيل يقل تركيز النترات فيها عن (50) ملغم/لتر، وتنشر على نحو متجمع في المدينة، وتصنف ضمن النوعية الجيدة، والبقية تصنف ضمن الآبار غير الصالحة التي يكون تركيز النترات فيها (50 فأكثر) ملغم/لتر، وتشكل نسبة 13.8٪ من الآبار المدروسة وتنتشر على نحو متجمع في الوسط والأجزاء الجنوبية الغربية من المدينة. (أنظر الشكل 3-9)

3- 3- 6 **الكبريتات** SO_4

تنتشر الكبريتات في معظم المياه الطبيعية،توجد عادة بتراكيز قليل في المياه السطحية ويزداد تركيزها في المياه الجوفية، ومصدر الكبريتات في المياه يكون من إذابة المياه لمركبات الكبريت الموجودة في القشرة الأرضية، أو من إذابة المطر

لأكاسيد الكبريت الموجودة في الهواء، أو من طرح الفضلات السائلة الحاوية على الكبريتات[1]

أن ايون الكبريتات يعبر عن المواد المسببة للعسرة الدائمة في الماء وخاصة عند وجوده على شكل كبريتات الكالسيوم أو المغنسيوم ويدخل ضمن المواد المسببة للملوحة ويعطي طعما ملحيا عندما يكون تراكيزه أكثر من (200) ملغم/ لتر ويعد كذلك من المواد المسببة لحالات الإسهال إذا وجد بتراكيز عالية على شكل كبريتات المغنسيوم والصوديوم ويُميل طعم الماء إلى المرارة.[2]

يكون تركيز الكبريتات في مياه الأمطار (576) مايكرو غرام/ لتر، وفي الأنهار 3.7 ملغم/ لتر، وفي المياه الجوفية 30 ملغم/ لتر.[3]

يتضح من تحليل قاعدة بيانات الآبار المدروسة (الملحق 1) تماثل توزيع الكبريتات في مدينة أربيل، إذ أن معدل تركيزها يبلغ (92) ملغم/ لتر وبانحراف معياري (55). يتفاوت تركيزها بين (0.36) ملغم/ لتر في البئر (300) في أقصى الجنوب الغربي، و(315) ملغم/ لتر في البئر (138) ملغم/ لتر في أقصى الجنوب الشرقي من المدينة (أنظر الشكل 3-10). ويمكن تصنيف الآبار المدروسة اعتمادا على المواصفات القياسية العراقية (الملحق 2) إلى الفئات الآتية:-

(1) سعاد عبد عباوي ومحمد سليمان حسن، المصدر السابق، ص89.

(2) المصدر نفسه، ص90.

(3) دياري علي محمد أمين المنمي، المصدر السابق، ص81.

الجدول (3-10)

تصنيف الآبار المدروسة في مدينة أربيل إلى فئات حسب تركيز الكبريتات SO_4.

تصنيف المياه	تركيز SO_4 (ملغم/لتر)	عدد الآبار	النسبة٪	مؤشر MORAN'S I	نتيجة Z	المعنوية	نمط الانتشار
جيدة	أقل من200	298	٪95.5	0.03	3.5	0.01	متجمع
متوسطة	400-200	14	٪4.5	0.07-	0.1	-	عشوائي
غيرصالحة	اكبر من400	-	-	-	-	-	-

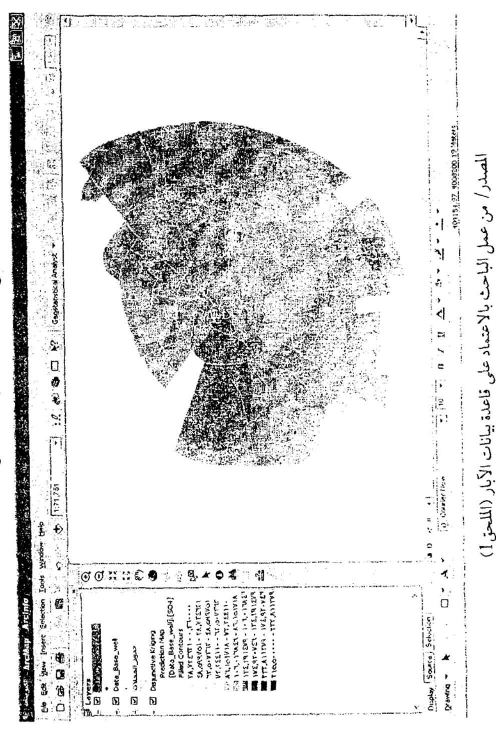
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على قاعدة بيانات الآبار (الملحق 1).

من الجدول (3-10) يلاحظ مايأتي:

بلغت نسبة الآبار جيدة النوعية 95.5٪ من الآبار المدروسة في مدينة أربيل إذ يقل تركيز الكبريتات فيها عن (200) ملغم/لتر، وتنتشر على نحو متجمع في جميع أجزاء المدينة. والبقية التي تشكل 4.5٪ تصنف ضمن النوعية المتوسطة ويتراوح تركيز الكبريتات فيها بين (200-400) ملغم/لتر، ولها انتشار عشوائي في المدينة.(أنظر الشكل 3-10)

الشكل (3-10)

توزيع تركيز الكبريتات في مدينة اربيل



المصدر/ من عمل الباحث بالاعتماد على قاعدة بيانات الآبار (الملحق 1)

3- 3- 7 **البوتاسيوم** K

أن وجود البوتاسيوم متقارب من وجود الصوديوم في القشرة الأرضية، لكن تركيزه أقل من تركيز الصوديوم بسبب المقاومة العالية تجاه عوامل التجوية المختلفة وسهولة امتصاصه من قبل المعادن الطينية. ويصل تركيزه في مياه الأمطار إلى (312) مايكرو غرام/ لتر، وفي المياه السطحية إلى (2.3) ملغم/ لتر، وفي المياه الجوفية (3) ملغم/ لتر.[1]

يتضح من تحليل قاعدة بيانات الآبار المدروسة (الملحق 1)، تماثل توزيع البوتاسيوم في مدينة أربيل، إذ أن معدل تركيزه يبلغ (1) ملغم/ لتر وبانحراف معياري (0.49)، يتفاوت تركيزه بين (0) في البئر (41) في الأجزاء الجنوبية الغربية ، و(4.2) ملغم/ لتر في البئر (151) الأجزاء الغربية من المدينة. واعتمادا على المواصفات القياسية العراقية (الملحق 2) يصنف جميع الآبار ضمن النوعية الجيدة، إذ لا يتعدى أي بئر الحد الاعلى المقبول به وهو (250) ملغم/ لتر.

3- 3- 8 **الكلوريد** CL

المصدر الرئيس لايون الكلوريد في الماء هو صخور ومعادن القشرة الأرضية ومياه البحر القديمة. وهناك مصادر أخرى للكلوريد وهي مياه الفضلات العضوية والسماد البوتاسي ويوجد في العلف الحيواني والفضلات الصناعية ومياه الري. أن وجود ايون الكلور بتركيز عال في الماء يكسبه تأثيرا تآكليا قد يظهر على الأنابيب والمنشآت المعدنية ولهذا الايون أيضا تأثيرات على المزروعات [2]. يكون تركيز

(1) مريوان أكرم حمه سعيد جناره يي، المصدر السابق، ص93.

(2) سعاد عبد عباوي ومحمد سليمان حسن، المصدر السابق، ص98.

الكلوريد في مياه الأمطار 3198 مايكرو غرام/ لتر، وفي مياه الأنهار 7.8 ملغم/ لتر، وفي المياه الجوفية 20 ملغم/ لتر.[1]

يتضح من تحليل قاعدة بيانات الآبار المدروسة (الملحق 1)، تماثل توزيع الكلوريد في مدينة أربيل، إذ أن معدل تركيزه يبلغ (27) ملغم/ لتر وبانحراف معياري (21.6)، يتفاوت تركيزه بين (5) ملغم/ لتر في البئر (255) في الشمال الغربي و(280) ملغم/ لتر في البئر (298) في الجنوب الغربي من المدينة ويعد البئر غير الصالح الوحيد الذي يتعدى الحدود العليا المقبول بها وهي (250) ملغم/ لتر وحسب المواصفات القياسية العراقية (الملحق 2) يصنف جميع الآبار بجيدة النوعية.

3- 3- 9 **الصوديوم** NA

يأتي أيون الصوديوم إلى المياه من خلال عمليات التجوية للصخور وخاصة تلك الحاوية على نسبة عالية من أيون الصوديوم (مثل معدن الالبايت). كما أن للفعاليات البشرية تأثيراً على تركيز الصوديوم في المياه مثل استخدام الأملاح في الاحتياجات المنزلية وإعادة استخدام مياه الفضلات للري. وتعد مياه الأمطار مصدراً آخر لإغناء الصوديوم. يصل تركيزه في مياه الأمطار إلى (1978) مايكرو غرام/ لتر، وفي مياه الأنهارإلى (6.3) ملغم/ لتر، وفي المياه الجوفية إلى (30) ملغم/ لتر.[2]

يتضح من تحليل قاعدة بيانات الآبار المدروسة (الملحق 1)، تماثل توزيع الصوديوم في مدينة أربيل، إذ أن معدل تركيزه يبلغ (13.3) ملغم/ لتر، وبانحراف معياري (10)، يتفاوت تركيزه بين (0.8) ملغم/ لتر في البئر (66) في الأجزاء

(1) دياري علي محمد أمين المنمي، المصدر السابق، ص83.

(2) دياري علي محمد أمين المنمي، المصدر السابق، ص71.

الشمالية الشرقية، و(77) ملغم/ لتر في البئر (280) أيضا في الأجزاء الشمالية الشرقية من المدينة. واعتمادا على المواصفات القياسية العراقية (الملحق 2) تصنف جميع الآبار ضمن النوعية الجيدة، إذ لا يتعدى أي بئر الحدود العليا المقبول بها وهي (250) ملغم/ لتر باستثناء البئر الأخيرة التي تعد غير صالحة.

3-4 الخصائص الحيوية

تجري الفحوصات الحيوية على المياه في حال استعمالها للأغراض المنزلية على نحو أساس وكذلك للأغراض الصناعية الغذائية بهدف التأكد من خلوها من الملوثات كالبكتريا والفيروسات والمرضات الأخرى [1].

تقسم البكتريا الملوثة للمياه من حيث خطورتها إلى قسمين:-

البكتريا الملوثة والبكتريا غير الملوثة.

إن أهم الأمراض التي تنتقل عن طريق المياه، هي التفوئيد، والباراتيفوئيد، والكوليرا، والزحار، والفيروسات المعوية، وهي كلها تحدث بسبب ميكروبات معوية، تأتي من المواد البرازية، لذلك تؤخذ الميكروبات المعوية مثل بكتريا القولون COLI FORM BACTERIA و بكتريا القولون الايشريكية ESCHERICHIA COLI مؤشراً لتلوث المياه بالفضلات البشرية والحيوانية، على الرغم من أن بكتريا القولون بكتريا طبيعية وغير سامة، موجود في أمعاء الكائنات الحية بما فيها الإنسان، لكن إذا زادت عن الحد المسموح به طبيعيا وهو MPN5.1 (MOST PROBABLE NO العدد الاحتمالي) لكل100مل (شريطة ألا تحتوي على بكتريا القولون الايشريكية) تصبح ملوثة و خطيرة وبحاجة للمعالجة الفورية، أما بكتريا القولون الايشريكية

---

(1) عبد القادر عابد وآخرون، المصدر السابق، ص209.

فهي ملوثة وخطيرة على صحة الإنسان فلا يسمح بوجودها في المياه.[1] أنظر الملحق (2) مواصفات القياسية العراقية.

يتضح من خلال تحليل قاعدة بيانات الآبار المدروسة (الملحق 1) في مدينة أربيل مايأتي:

بلغت الآبار الصالحة للشرب 233 بئرا وتشكل نسبة 74.7٪ من الآبار المدروسة منها 213 بئرا وبنسبة 68.3٪ لا تحتوي على العدد الاحتمالي للكوليفورم واللاي كولاي و 20 الأخرى وبنسبة 6.4٪ تحتوي لغاية MPN 5.1 من العدد الاحتمالي للكوليوفورم. أما الآبار الملوثة فقد كان 79 بئرا وتشكل 25.3٪ من الآبار المدروسة منها 41 بئرا وبنسبة 13٪ يصل العدد الاحتمالي للكوليفورم فيها إلى MPN9.1 فأكثر ولا تحتوي على العدد الاحتمالي للاي كولاي، و 38 الأخرى التي تشكل 12٪ تحتوي على العدد الاحتمالي للاي كوي. (لاحظ الشكل 3-11).

بعد تقييم الخصائص الطبيعية والكيماوية والحيوية لمياه الآبار المدروسة في منطقة الدراسة من حيث صلاحيتها للشرب ونتائجها مبينة في الملحق (3)، نقوم بتقييم جميع الخصائص جميعها معا باستخدام وظيفة الأسئلة(QUERY) في برمجيات نظم المعلومات الجغرافية كالأتي:

- من برنامج ARC GIS DESKTOP 9.1 نفتح واجهة تطبيق ARC MAP.
- نستدعي فايل قاعدة بيانات الآبار.
- من قائمة SELECTION نختار أداة SELECT BY ATTRIBUTES
- نحدد شروط خصائص المياه غير الصالحة للشرب كالآتي:

(1) حسين علي السعدي، المصدر السابق، ص355.

أولاً / الخصائص الطبيعية

"TURBIDITY" >10 OR "PH" <6.5 OR "EC" >1500 OR "TDS" >1500 "

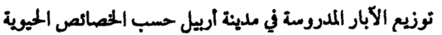
تظهر الآبار التي تتوفر فيها الشروط بلون مختلف على الشكل .(انظر الـشكل (12-3

ثانياً / الخصائص الكيماوية

""CA" >200 OR "MG" >150 OR "NA" >250 OR "K" >250 OR "T_HARDNESS" >500 OR

"T_ALKALINT" >200 OR "CL" >600 OR "NO_3" >=50 OR "SO_4" >400

تظهـــر الآبـــار الـــتي تتـــوفر فيهـــا الـــشروط بلـــون مختلـــف علـــى الشكل.(انظر الشكل 3-13)



الخارطة (3-11)

توزيع الآبار المدروسة في مدينة أربيل حسب الخصائص الحيوية

N

الصالحة

غير الصالحة

حدود المحلات

0 0.45 0.9 1.8 2.7 3.6 Kilometers

المصدر/ من عمل الباحث اعتمادا على الملحق (1)

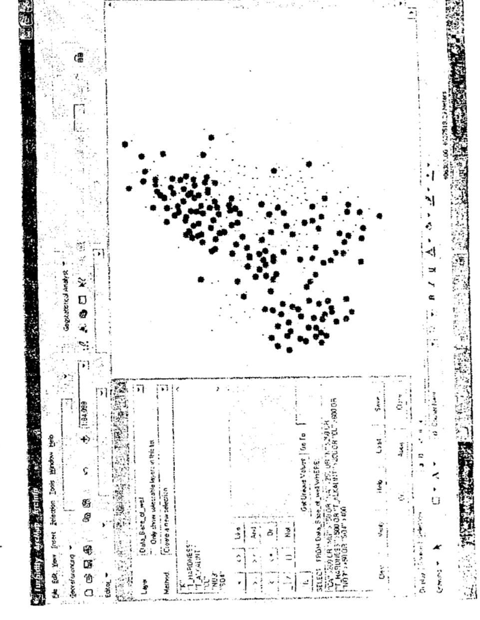
الشكل (3-12)

الآبار غير الصالحة للشرب حسب الخصائص الطبيعية باستخدام وظيفة الاستعلام

المصدر/ من عمل الباحث بالاعتماد على قاعدة بيانات الآبار (الملحق 1)

الشكل (13-3)

الآبار غير الصالحة للشرب حسب الخصائص الكيماوية باستخدام وظيفة الاستعلام



المصدر/ من عمل الباحث بالاعتماد على قاعدة بيانات الآبار (الملحق1)

الفصل الرابع

التوزيع الجغرافي لخصائص المياه الجوفية في مدينة أربيل

4-1 المقدمة

4-2 تحليل اتجاه السطح

4-3 طرق الاستكمال

4-4 تحليل النتائج

الفصل الرابع

التوزيع الجغرافي لخصائص المياه الجوفية في مدينة أربيل

4-1 المقدمة :-

تتميز البيانات الجغرافية بتباينها مكانياً، لذا تؤكد الدراسات الجغرافية على الاتجاهات المكانية للظواهر، ليساعد على إجراء المقارنات و إظهار العلاقات المكانية. و نظرا لأن الظواهر الجغرافية تحمل عند تمثيلها على الخرائط خاصية الارتباط المكاني مع الظواهر الأخرى المشتركة معها بالمكان فإن استخدام الخريطة في التوزيع والمقارنة والكشف عن أنماط التوزيع العامة تعد من أصلح الوسائل لمعرفة العلاقات المكانية.

وتأسيساً على ما سبق نبحث في هذا الفصل اتجاهات تباين خصائص المياه الجوفية في منطقة الدراسة. باستخدام خرائط خطوط التساوي ISOLINE التي تنفرد بخاصية تمثيل السطوح الإحصائية STATISTICAL SURFACE أو الظاهرات المستمرة CONTINUOUS PHENOMENA وتمثل هذه السطوح أو الظاهرات المستمرة صفات عناصر المياه الجوفية وهي ذات قيم معينة لا تنحصر في مساحة محدودة، ولا تفصل عن بعضها بنطاقات خالية من قيمة معينة، وإن كانت هذه القيم ذات طبيعة متباينة. إذ أن عناصر بناء خرائط خطوط التساوي الخاصة بسطح إحصائي معلوم متمثلة بنقاط تعرف بنقاط التحكم، فإن برامج نظم المعلومات الجغرافية مثل برنامج ARC GIS DESKTOP 9.1 وملحقاته مثل GEOSTATISTICAL ANALYST & SPATIAL ANALYST & 3D ANALYST قادرة على التعامل مع عمليات بناء هذه الخطوط من خلال البيانات النقطية، على اعتبار أن نقاط التحكم (موقع النقطة X,Y)هي بيانات

جغرافية SPATIAL DATA وخاصية النقطة (z) هي بيانات وصفية ATTRIBUTE DATA.

2-4 التوزيع الجغرافي لخصائص المياه الجوفية في مدينة أربيل

أن تمثيل التوزيع الجغرافي للظواهر المستمرة بخطوط التساوي ينطوي على مفهوم الاستمرارية. وقد لا تمثل هذه القيم ظواهر مكانية متصلة، ألا أنه لابد من النظر إليها بهذا المفهوم، للاستمرار المكاني إذا استخدمت خطوط التساوي في التوزيع وتحليل أنماط النتائج[1].

ولعل أهم الوظائف التي تقوم بها نظم المعلومات الجغرافية في الجانب الفني هي الرسم الآلي لخطوط التساوي من خلال البيانات الوصفية التي تصف الظاهرات النقطية التي تم إدخالها. وتتميز هذه الطريقة بعدد من المميزات، منها الحساب الآلي لمقدار الفاصل، وعدد الخطوط فضلا عن عملية استكمال الخطوط بين الظاهرات النقطية ذات القيم المختلفة INTERPOLATION، وأبرز ما تقدمه نظم المعلومات الجغرافية في هذا الإطار هو عملية التغطية اللونية المتدرجة وكذلك ما يعرف بتدرج اللون الرمادي GREY SCALE الآلي في المساحات الواقعة بين خطوط التساوي[2]. أما في الجانب التحليلي، فبالإمكان تحليل العلاقات

(1) محمود حسن المشهداني وآخرون، الإحصاء الجغرافي، مطبعة جامعة صلاح الدين، أربيل، 1987، ص133.

(2) سميح أحمد محمود عودة، المصدر السابق، ص269.

المكانية وتركيبها، وفق ما يطلبه الباحث، بما في ذلك إظهار هذه العلاقات عن طريق الأشكال والخرائط، وإعطاء النتائج الكمية لهذه العلاقات [1].

4- 2- 1 خطوات تنفيذ وتحليل التوزيع الجغرافي لخصائص المياه الجوفية في مدينة أربيل باستخدام برمجيات GIS :-

يحتوي برنامج ARC GIS DESKTOP 9.1 ملحق GEOSTATISTICAL ANALYST أو ما يسمى بالإحصاء المكاني SPATIAL STATISTICS إذ يدرس قيم البيانات المكانية التي يتم الحصول عليها من مناطق تواجد خامات معدنية أو مياه جوفية أو نباتات طبيعية. وأمكن بواسطته إجراء كثير من التطبيقات حول تقدير الاحتياطي من المعادن الخام الموجودة تحت الأرض والمياه الجوفية وتلوث البيئة من الغازات والسوائل. تتميز المتغيرات التي يتعامل معها الإحصاء الأرضي بأن لكل قيمة من قيم المتغيرات الموقعية إحداثيات تمثل موقع تلك النقطة سواء كانت على سطح الأرض أو في باطن الأرض أو في خارج الأرض (مثلاً التلوث الجوي بالغازات) [2].

يتضمن تحليل اتجاه السطح في هذا الفصل عنصري القلوية الكلية والنترات اللذين أظهرا أنماطاً في الفصل السابق.

---

(1) سحر سعيد الطائي، استخدام النموذج الرقمي للتضرس في تشكيل خارطة كثافة السكان لمدينة الموصل، رسالة ماجستير مقدمة إلى قسم الجغرافية-كلية التربية-جامعة الموصل، غير منشورة، 2001، ص16.

(2) غانم محمود ظاهر الحاصود، التنبؤ عن العملية العشوائية المكانية، رسالة ماجستير مقدمة إلى قسم الرياضيات-كلية التربية- جامعة الموصل، غير منشورة، 1999، ص1-10.

4-2-1-1 استكشاف البيانات

يقصد باستكشاف البيانات، فهم أفضل للبيانات فضلا عن البحث عن أخطاء واضحة فيها قد تؤثر بشدة على نتائج السطح المتوقع. ويحتوي ملحق محلل الإحصاء الأرضي GEOSTATISTICAL ANALYST العديد من أدوات استكشاف البيانات المكانية لتقييم خصائص البيانات منها:- [1]

1- اختبار توزيع البيانات.
2- تمييز الاتجاهات في البيانات.
3- فهم الارتباط الذاتي المكاني.

4-2-1-1-1 اختبار توزيع البيانات

تعطي طرائق الاستكمال التي تستعمل لخلق السطح أفضل النتائج إذا كانت البيانات تتوزع على نحو معتدلNORMAL DISTRIBUTION، إذ ترفع في هذا النوع من التوزيع احتمالات توقع القيم بالقرب من المتوسط وتتناقص تدريجياً بالبعد عنه فضلا عن تساوي احتمالية وقوع أية قيمة دون المتوسط أو فوق المتوسط [2]. ولكن من الصعب أن يوجد مثل هذا التوزيع إذا اختيرت العينات عشوائياً. لذلك يصبح لدى الباحث توزيع فعلي غير منتظم وتكراراته محدودة. وكلما كانت التكرارات أقل كان التوزيع أبعد عن الانتظام. ومن هنا جاءت أهمية اختبار البيانات قبل خلق

(1) ESRI, USING GEOSTATISTICAL ANALYST, USA,2001, P19.

(2) للتفاصيل يراجع:

1- عيسى على إبراهيم، الأساليب الإحصائية والجغرافية، دار المعرفة الجامعية،ط2،الاسكندرية، 1999، ص276.

2- ESRI, OP.CIT.P19.

السطح [1]. والجدير بالذكر إن البيانات المنحرفة تظهر في كثير من المجالات كما هو الحال في التعدين والزراعة والبيئة وكما هو الحال أيضاً في دراستنا [2].

تتوفر في ملحق محلل الإحصاء الأرضي أدوات لمعرفة طبيعة توزيع البيانات مثل المدرج التكراري HISTOGRAM، إذ يمكن بواسطته اختبار توزيع البيانات بالملاحظة المباشرة، وباستعراض المؤشرات الإحصائية، وعموما فإن الصفات المهمة للتوزيع لها القيمة المركزية، إذ يجب تقارب الوسط الحسابي والوسيط ليأخذ التوزيع شكلاً طبيعياً.

من ملحق GEOSTATISTICAL ANALYST نختار EXPLORE DATA بعد ذلك نقر على المدرج التكراري HISTOGRAM تظهر نافذة HISTOGRAM منها نختبر عنصري القلوية الكلية HCO_3 و النترات NO_3، وتظهر النتائج في الشكل (4-2)، إذ يظهر من شكل المدرج التكراري والمؤشرات الإحصائية ما يأتي:

تتوزع القلوية الكلية على نحو قريب من التوزيع المعتدل، إذ أن هناك تقارباً بين قيمتي الوسط الحسابي MEAN (202) و الوسيط MEDIAN (200).

(من الشكل 4-1).

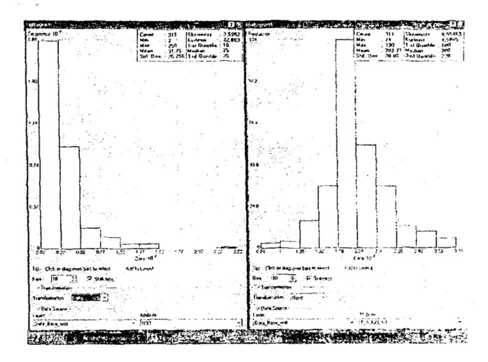
(1) عيسى على إبراهيم، المصدر السابق، ص272.

(2) محمد نذير محمد قاسم وغانم محمود الحاصود، استكمال في الإحصاء المكاني للبيانات ذات الالتواء الموجب، المجلة العراقية للعلوم الإحصائية، العدد 6 لسنة 2004، ص79.

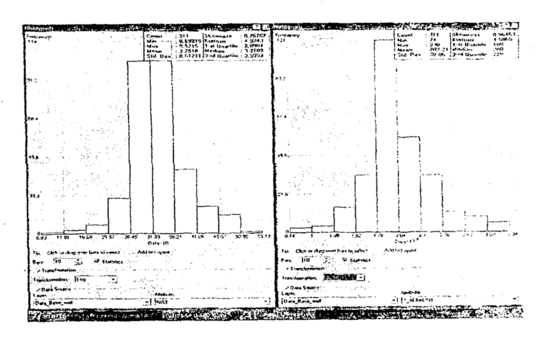
الشكل (4-1)

طبيعة توزيع البيانات

(ا) توزيع القلويه الكليه(ب) توزيع النترات



(اَ) توزيع القلويه الكليه بعد التحويل(بَ) توزيع النترات بعد التحويل



أما النترات NO_3 فتوزيعها مائل (وحيد الجانب) إذ تبتعد قيمة الوسط الحسابي (31) عن قيمة الوسيط (25)، فضلا عن وجود قيم عالية متطرفة (ب من الشكل 4-2)، لذلك نقوم بعملية التحويل اللوغارتيمي(*) للنترات لتصغير قيمها ومن ثم زيادة التكرارات باستخدام المعادلات الجاهزة داخل البرنامج، لكي تأخذ البيانات شكلاً معتدلاً.(بَ من الشكل 4-1).

4-2-1-1-2 تمييز الاتجاهات في البيانات

إن معرفة اتجاه البيانات مهمة قبل تشكيل السطح، فإذا كانت البيانات غير عشوائية (حتمي) يمكن أن يمثل السطح ببعض الصيغ الرياضية، على سبيل المثال الوادي يمثل شكل U. أما إذا كانت البيانات عشوائية، فيمكن تمثيل السطح بالصيغ الإحصائية لأنها ستحلل الاختلاف قصير المدى (الخطأ العشوائي) في السطح عندما يشكل القيم الباقية في خط التراجع، هذا الجزء الذي لا يمكن تصويره في الصيغ الرياضية، ويعتمد اختيار الصيغ المذكورة على طبيعة الظاهرة المبحوثة والهدف من الدراسة [2].

تساعد أداة تحليل الاتجاه TREND ANALYSIS في ملحق الإحصاء الأرضي على تمييز الاتجاهات في مجموعة البيانات، إذ يمكن بواسطتها معرفة حضور أو غياب اتجاه البيانات، وتعرض البيانات ثلاثية الأبعاد، إذ أن نقاط العينات تمثل على

(*) تستعمل التحويل اللوغارتمي TRANSFORMATION LOG عندما تكون البيانات ذات توزيع مائل وكذلك عندما تكون لها بعض القيم الكبيرة. وهي حالة خاصة للتحويل عندما يكون λ = 0، ومعادلة التحويل هي:$Y(S) = LN(Z(S))$

إذ أن $Y(S)$: التوزيع المعتدل، $(Z(S))$: البيانات الملاحظة، LN: لوغاريتم معتدل. المصدر:
HELP ARC GIS DESKTOP 9.1, GIS DICTIONARY.

(2) ESRI, OP.CIT., P21.

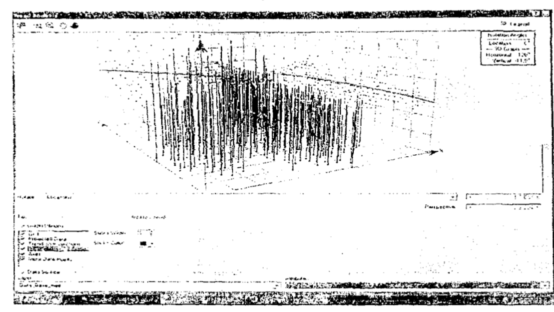
المحور X-Y في السطح وارتفاع كل نقطة عينات يُمثـل قـيم Z. الميـزة الفريـدة في أداة تحليل الاتجاه هي أن القيم أسقطت على بعد X-Z و Y-Z على السطح (أنظر الشكل 4-2).

كل عود عمودي في شكل تحليل الاتجـاه يمثـل الموقـع والقيمـة،إذ أن النقـاط السوداء تمثل موقع العينات (X-Y)، والنقاط الخضراء تمثـل قيمـة العينـات (Z)،أمـا النقاط الزرقاء فتمثل البيانات المتوقعة على (Y-Z)، والنقاط الحمراء تمثـل البيانـات المتوقعة على (Z-Y)، ويمثل الخـط الأزرق اتجـاه الـشمال إلى الجنـوب، بينمـا الخـط الأحمر يمثل اتجاه الشرق إلى الغـرب.في كـل نقطـة بيانـات، النقـاط أسـقطت علـى المستويات العمودية، شرق-غرب-شمال-جنوب. أفـضل خـط مناسـب (متعـدد الحدود) رسم خلال النقاط المتوقعة. إذا كان الخط بدون تغير(مستوي) فهـذا يـشير إلى عدم وجود الاتجاه في البيانات.

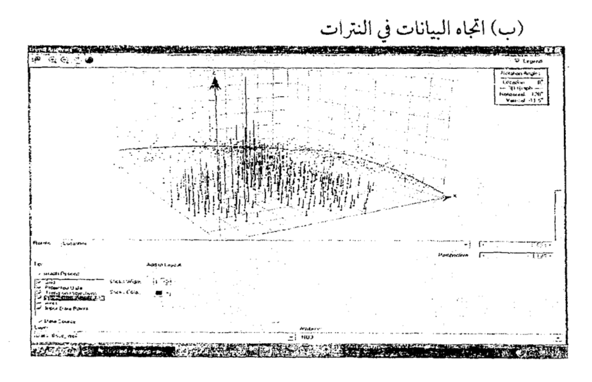
الشكل (4-2)

اتجاه البيانات

(أ) اتجاه البيانات في القلوية الكلية



(ب) اتجاه البيانات في النترات



من الشكل (أ-4-2)، نلاحظ اتجاه البيانات في القلوية الكلية، يبدأ منخفضا في شرق المدينة ثم يرتفع على نحو مستقيم نحو غرب المدينة، ويبدأ بالانخفاض جنوباً ويرتفع تدريجيا نحو شمال المدينة، و هذا يعني أن الاتجاه الأقوى في تركيز القلوية الكلية شمالي شرقي باتجاه جنوبي غربي ، والاتجاه الأضعف في تركيز هذا العنصر جنوبي شرقي باتجاه شمالي غربي.

أما النترات (ب من الشكل 4-2)، فتبدأ منخفضة في شرق المدينة وتزداد تدريجيا نحو غربها، و كذلك تبدأ بالانخفاض شمالاً وتزداد تدريجيا حتى وسط المدينة بعد ذلك تبدأ بالانخفاض التدريجي نحو جنوب المدينة، أي أن الاتجاه الأقوى في تركيز النترات شمالي شرقي باتجاه جنوبي غربي، والاتجاه الأضعف في تركيز هذا العنصر جنوبي شرقي باتجاه شمالي غربي.

نستنج مما سبق ان هناك اتجاهاً واضحاً في البيانات، إذ يدل على اختلاف قيم العنصرين من مكان لآخر في منطقة الدراسة. الأمر الذي يشير إلى إمكانية استخدام طرائق الاستكمال في توليد السطح للعنصرين.

4-2-1-1-3 الارتباط الذاتي المكاني

الارتباط الذاتي المكاني(*) هو علاقات إحصائية بين قياسات نقاط العينات في الحيز المكاني نفسه. إذ تساعد على اتخاذ قرار أفضل عند اختيار النماذج للتنبؤات المكانية.

(*) ارتباط ذاتي في علم الإحصاء هي ارتباط بين ملاحظات تنتمي إلى متغير واحد يقع تحديده بواسطة الارتباط المتعدد. المصدر/ علي لبيب وآخرون، قاموس الجغرافية، الدار العربية للعلوم، بيروت، 2004، ص6.

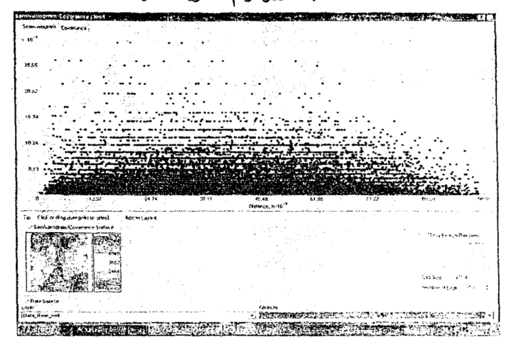
تسمح أداة SEMIVAROGRAM باختبار الارتباط الذاتي المكاني بين قياسات نقاط العينات، وتفترض أن الأشياء القريبة من بعضها الآخر أكثر تشابها. هذه الأداة تسمح باختبار هذه العلاقة. ولعمل ذلك فإن قيمة SEMIVAROGRAM ، التي هي مربع الاختلاف بين قيم كل زوج من المواقع، تمثل على المحور Y والمسافة على المحور X (أنظر الشكل 4-3).

كل نقطة في SEMIVAROGRAM تمثل زوجاً من المواقع، إذا كانت البيانات تابعة لبعضها بشكل مكاني فإن أزواج النقاط القريبة (على أقصى يسار المحور X) يجب أن الاختلاف بينها على أقل قدر ممكن (يكون منخفضا على المحورY)، وكذلك المسافة بين أزواج النقاط تزيد كلما ابتعدنا على المحور X و صعدنا على المحورY، عموما هناك مسافة معينة يستوي بعدها خط الانحدار، وأزواج المواقع ما بعد هذه المسافة تعد غير مرتبطة مكانياً[1].

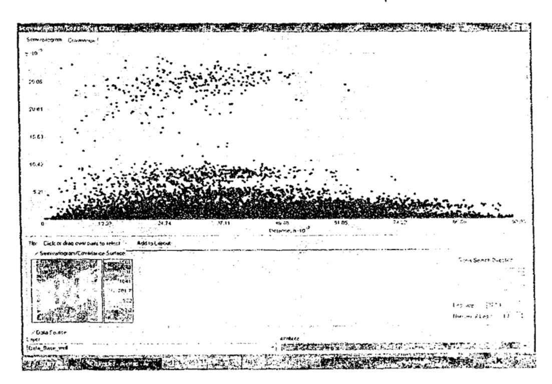
([1]) ESRI, Op.cit., pp23,106.

الشكل (4-3) شبه فاريوكرام

(أ) شبه فاريوكرام القلوية الكلية



(ب) شبه فاريوكرام النترات



من الشكل (أ – 4-3)، يظهر أن أغلبية أزواج نقاط القلوية الكلية قريبة من بعضها، وبالابتعاد من المحورx يزداد الاختلاف بينها. أما النترات (ب من الشكل 4-3)، فهي كذلك أغلبية أزواج نقاطها قريبة من بعضها، والاختلاف بينها يظهر في البداية، وبالابتعاد عن المحور x فإن الاختلاف يظهر على نحو مقبول.

نستنتج مما سبق أن أغلبية أزواج نقاط العنصرين، لها علاقات مكانية، بحيث يمكن الاعتماد عليها في خلق السطح.

3-4 طرائق الاستكمال INTERPOLATION METHODS

الاستكمال هو تقدير قيم السطح في النقاط غير المعروفة بالاعتماد على قيم السطح المعروفة في المنطقة نفسها في سياق خط الانحدار، إذ تقدر قيم النقاط في السطح بين نقطتين معروفتي القيم وذلك من خلال مد خط الانحدار للتوقع بالقيم غير المعروفة بالاستناد على نزعة البيانات المتوفرة نفسها[1]. وهذا يعني أن الاستكمال يستعمل لإنتاج البيانات ولكن في نظم المعلومات الجغرافية فضلا عن ذلك فان الوظيفة الأساسية للاستكمال هي التحليل المكاني للبيانات[2].

إن التقنيات الأكثر شيوعا للاستكمال عبارة عن طريقة الحتمية DETERMINISTIC وطريقة الإحصاء الأرضي GEOSTATISTICAL، إذ أن الأولى تستعمل دوال رياضية للاستكمال أما الثانية فتعتمد على الطرائق الرياضية والإحصائية وتقيم دقة التوقعات. ولكن التفاصيل الظاهرية للسطح المعد عن

---

(1) HELP ARC GIS DESKTOP 9.1, GIS DICTIONARY.

(2)FERENC SÁRKÖZY, GIS FUNCTIONS – INTERPOLATION, INTERNET HTTP://WWW.AGT.BME. HU/PUBLIC_ E/FUNCINT/FUNCINT.HTML.26/5/2007.

طرائق الاستكمال قد تكـون مظللـة ولا تخـدم الهـدف، إذا لم يـتم اختيـار الطريقـة المناسبة، التي تعتمد على طبيعـة المتغير المبحـوث، حجـم العينـة، الكلفـة، بجانـب الاعتبارات النظريـة، وهـذه تتطلـب مقارنـة الأداء التجـريبي لطرائـق الاسـتكمال المختلفة التي تحقق فيها على نحو كمي باستخدام اسـلوب التحقـق المتبـادل CROSS-VALIDATION (*) عبر منحنـى التـصديق، إذ أصـبح واسـع الاسـتخدام في دراسـة المتغيرات الهيدرولوجية في السنوات

الأخيرة[1]. من المعلوم أن توزيع الظاهرات الجغرافية تتحكم فيه مجموعة من العوامل، لذلك من الصعب تقدير توزيعها نظراً للطبيعة الخاصة للعلاقات المتبادلـة بين العوامل التي توثر في ظاهرة ما والظاهرة نفسها. ولكـن بالإمكـان مـن الناحيـة الإحصائية حساب درجة الدقة أو الثقة في التقدير[2]. كالآتي:-

تتـوفر في ملحـق الإحـصاء الأرضـي GEOSTATISTICAL ANALYST منحنـى التصديق، إذ يمكن بواسطته تحقيق الأهداف الآتية :[3]

(*) التحقق المتبادل CROSS-VALIDATION هو إعادة استخدام عينـة خوارزميـة للمقارنـة الكميـة في الأداء التجريبي لاختيار طرائق الاستكمال البديلة، إذ يعطيك فكرة عن النموذج الذي يتوقع القيم المجهولة على نحو أحسن وذلك بإهمال ملاحظة في مجموعة البيانات واستعمال الملاحظـات الباقيـة لتقدير الملاحظة المهملة، ويستخدم في ذلك تقنية استكمال معينة. للتفاصيل انظر:

1-NASSER A. ALSAARAN, EXPERIMENTAL PERFORMANCE OF SPATIAL INTERPOLATORS FOR GROUND WATER SALINITY. INTERNET (HTTP://AJSE.KFUPM.EDU.SA/ARTICLES/301A_01P.PDF) P7.

2- ESRI, OP.CIT., P34.

(1) NASSER A. ALSAARAN, EXPERIMENTAL PERFORMANCE OF SPATIAL INTERPOLATORS FOR GROUND WATER SALINITY. OP.CIT,P5.

(2) عيسى على إبراهيم، المصدر السابق، ص263.

(3)ESRI, OP.CIT., P35.

1- مقارنة الأداء التجريبي النسبي لطرائق الاستكمال الموجودة داخل البرامج، إذ يمكن من خلالها اختيار الطريقة المثالية.
2- مقارنة الاختلاف بين القيم المقدرة والقيم الفعلية، لمعرفة ما إذا كان النموذج يصلح لإنتاج الخارطة.

هنالك عدد من المقاييس الإحصائية يمكن استعمالها لاختيار أفضل طرائق الاستكمال دقة و تقييم أداء النموذج، إذ أن النموذج الذي يعطي تقديرات دقيقة هو كالآتي:

1- متوسط الخطأ Mean error يجب أن يكون قريباً من الصفر (يستعمل لمعرفة صلاحية النموذج).
2- الجذر التربيعي لمتوسط الأخطاء Root-mean-square error ومعدل الأخطاء المعيارية Average standard error يجب أن يكون صغيراً بقدر الإمكان (هذه المقاييس مهمة عندما تقارن النماذج).
3- الجذر التربيعي القياسي لمتوسط الأخطاء Root-mean-square standard error يجب أن يكون قريباً من الواحد.

تشمل طرائق الاستكمال الموجودة داخل برنامج Arc GIS Desktop 9.1 الطرائق الآتية:-

1- الطرائق الحتمية Deterministic ، وتتضمن الطرائق الآتية:
أ- البعد العكسي المرجح Inverse Distance Weighting(IDW).
ب- عالمي متعدد الحدود Global Polynomial(GP).
ج- محلي متعدد الحدود Local Polynomial(LP).
د- دوال القاعدة الشعاعية Radial Basis Functions(RBF).
2- طرائق الإحصاء الأرضي Geostatistical، وتتضمن الطرائق الآتية:
أ- كريجنج الاعتيادي Ordinary kriging(OK).
ب- كريجنج البسيط Simple kriging(SK).

ج- كريجنج الشامل (UNIVERSAL KRIGING(UK.

د- كريجنج الفاصل (DISJUNCTIVE KRIGING(DK.

لمعرفة صلاحية النموذج والطريقة المثالية، تم اختبار الطرائق المذكورة أعلاه بالاعتماد على المعادلات الجاهزة داخل البرنامج، وتظهر النتائج في الجدول (4-1) و (4-2) كالآتي:

الجدول (4-1)

نتائج أداء طرائق الاستكمال لعنصر القلوية الكلية

الطريقة	متوسط الخطأ	الجذر التربيعي لمتوسط الأخطاء	معدل الأخطاء المعيارية	الجذر التربيعي القياسي لمتوسط الأخطاء
O.K	0.06476-	33.08	31.37	1.056
S.K	0.01488-	33.03	34.14	0.9679
U.K	0.06476-	33.08	31.37	1.056
D.K	0.03831	33.04	32.91	1.005
IDW	0.03	36.88		
GP	0.007528	35.64		
LP	0.7953-	33.06		
RBF	0.03191-	34.29		

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نتائج منحنى التصديق لطرائق الاستكمال.

من الجدول (4-1) يتضح ماياتي:

أولاً/ صلاحية النموذج:

أ- طرائق الإحصاء الأرضي، جميع الطرائق تصلح لاستكمال السطح، إذ يتقارب متوسط الخطأ فيها من الصفر، وتعد طريقة S.K أقلها تحيزا.

ب- الطرائق الحتمية هي أيضا صالحة، وأقلها تحيزا هي GP.

ثانياً/ النموذج المثالي:

أ- طرائق الإحصاء الأرضي، الجذر التربيعي لمتوسط الأخطاء في طريقة S.K أصغر من الطرائق الأخرى، و تعد طريقة DIS.K مثالية بسبب تقارب الجذر التربيعي لمتوسط الأخطاء و معدل الأخطاء المعيارية.

ب- طرق الحتمية، تعد طريقة LP مثالية.

الجدول (4-2)

نتائج أداء طرق الاستكمال لعنصر النترات

الطريقة	متوسط الخطأ	الجذر التربيعي لمتوسط الأخطاء	معدل الأخطاء المعيارية	الجذر التربيعي القياسي لمتوسط الأخطاء
O.K	0.431-	19.74	18.03	0.9372
S.K	0.1607-	19.79	17.42	0.8304
U.K	0.431-	19.74	18.03	0.9372
DIS.K	0.1607-	19.79	16.77	1.185
IDW	0.9615	19.13		
GP	0.02741	24.21		
LP	0.2453-	18.7		
RBF	0.228	18.54		

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نتائج منحنى التصديق لطرق الاستكمال.

من الجدول (4-2) يتضح مايأتي:

أولاً: صلاحية النموذج:

أ- طرائق الإحصاء الأرضي، جميع الطرائق تصلح لاستكمال السطح، وتعد طريقتا S.K. DIS.K أقلها تحيزا.

ب- الطرائق الحتمية، أقل الطرائق تحيزا هي طريقة GP.

ثانياً: النموذج المثالي:

أ- طرائق الإحصاء الأرضي، تعد طريقتا OK,UK مثاليتين بسبب صغر الجذر التربيعي لمتوسط الأخطاء من جهة و تقارب الجذر التربيعي لمتوسط الأخطاء و معدل الأخطاء المعيارية من جهة أخرى.

ب- طرائق الحتمية، طريقة LP مثالية.

نستنتج مما سبق أن جميع الطرائق صالحة لإنتاج خارطة القلوية الكلية والنترات، والطريقة المثالية لاستكمال قيم القلوية الكلية هي DIS.K وبالنسبة للنترات هما OK,UK فيما يتعلق بطرائق الإحصاء الأرضي، أما فيما يتعلق بطرائق الحتمية تعد طريقة LP مثالية لاستكمال قيم العنصرين.

4- 3- 1 آلية عمل طرائق الاستكمال

جميع طرائق الاستكمال تعتمد على تشابه نقاط العينات القريبة لخلق السطوح المستمرة. ومن المعلوم أن الأشياء القريبة من بعضها أكثر تشابها من الأشياء البعيدة، لذلك يمكن افتراض أن قيم العينات القريبة من بعضها ستكون مماثلة أكثر من قيم العينات البعيدة.

طرائق الإحصاء الأرضي تتشابه مع الطرائق الحتمية في وزن النقاط الأقرب بشدة أكثر من النقاط البعيدة لاشتقاق توقع لكل موقع، ولكن الأوزان في طرائق

الإحصاء الأرضي ليست مستندة فقط على المسافة بين النقاط وموقع التقدير، بل على الترتيب المكاني بين النقاط[1].

تقنية كريجنج تعتمد على نظرية المتغيرات الإقليمية، إذ يكون المتغير الإقليمي في موقع وسطي بين المتغير العشوائي الحقيقي والمتغير المحدد على نحو كامل، بحيث تكون النقاط في هذه الطريقة بحالة مستمرة من أحد المواقع إلى الآخر، ولذا فان النقاط التي تكون متقاربة من بعضها لها درجات خاصة من العلاقات الرياضية الخاصة بها. أما النقاط المنفصلة على نحو واسع فأنها تصبح مستقلة إحصائيا. وتتكون طريقة كريجنج من مجموعة معادلات الانحدار الخطي(*) التي تخفض تقديرات التباين إلى الحد الأدنى في نموذج التغاير[2].

4-4 تحليل النتائج

من ملحق الإحصاء الأرضي GEOSTATISTICAL ANALYST، نقوم بالخطوات الآتية:

أ- نقر على GEOSTATISTICAL WIZARD، ومن ثم نحدد موقع وقيمة نقاط العينات (X,Y,Z).

ب- نختار طريقة KRIGING، ومنها DISJUNCTIVE KRIGING(DK) بالنسبة للقلوية الكلية و ORDINARY KRIGING(OK) بالنسبة للنترات.

ج- نقوم بعملية التحويل اللوغاريتمي TRANSFORMATION LOG.

---

(1) ESRI, OP.CIT, P49-50.

(*) لمعرفة معادلات كريجنج المختلفة يراجع ESRI, OP.CIT.P261-271.

(2) سحر سعيد الطائي، المصدر السابق، ص60.

د- تطلع نافـذة SEMIVARIOGRAM/COVARIANCE MODELING. ثـم NEXT–NEXT

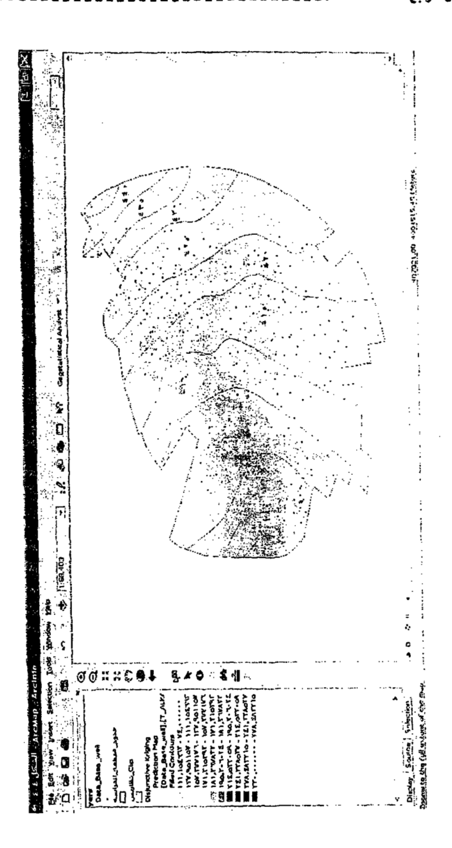
ه- تطلع نافذة CROSS-VALIDATION، ثم FINISH.

4- 4- 1 تحليل توزيع القلوية الكلية

تبين من خلال استكمال قيم القلوية الكلية بالاعتماد على القياسات التي أخذت لمياه عينات الآبار، التباين الواضح في توزيعها، فقد مثلت الأجزاء الجنوبية الغربية أعلى تركيز القلوية الكلية، بينما تمثل الأجزاء الشرقية أدنى تركيز لها، وتتدرج النطاقات في تركيزها بين هذين النطاقين، كما يظهر في الشكل (3-8).

وبناء على الشكل (3-8) فقد برزت عشرة نطاقات تمثل مدى تركيز القلوية الكلية في المياه الجوفية في مدينة أربيل. وتتفق نوعاً ما مع انحدار سطح المدينة، إذ بمطابقة خارطة توزيع القلوية الكلية مع خارطة انحدار السطح (الشكل 4-4) يتضح أن المناطق المرتفعة التي تقع في الأجزاء الشمالية الشرقية، تتميز بانخفاض تركيز القلوية الكلية والسبب يعود إلى سهولة صرف المياه داخلياً و سطحياً ويساعد في ذلك ما تتمتع بها تلك المناطق من انحدار مناسب، بحيث تقل فرص ذوبان الصخور الحاوية على الجير التي يعد مصدراً لهذا العنصر. أما المناطق المنخفضة في الأجزاء الجنوبية الغربية من المدينة فتتميز بارتفاع تركيز القلوية الكلية بسبب حركة المياه الجوفية بهذه الاتجاه.

نستنتج مما سبق أن تركيز القلوية الكلية يزداد كلما اتجهنا من الجنوب الشرقي إلى الشمال الغربي ويزداد بوتيرة أكبر كلما اتجهنا من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي. والحصيلة النهائية هو تركيز القلوية الكلية نحو الجنوب الغربي.



الشكل (4-4)

تطابق خارطة توزيع القلوية الكلية مع انحدار الأرض

4- 4- 2 تحليل توزيع النترات

تتفاوت تراكيز النترات بين المنخفضة والعالية في منطقة الدراسة. فقد أظهر الشكل (4-7) لهذا العنصر أن أعلى تركيز للنترات يقع في الأجزاء الجنوبية الغربية، وأدنى تركيز لها يقع في الأجزاء الشرقية من المدينة، وتتدرج النطاقات بين هذين النطاقين.

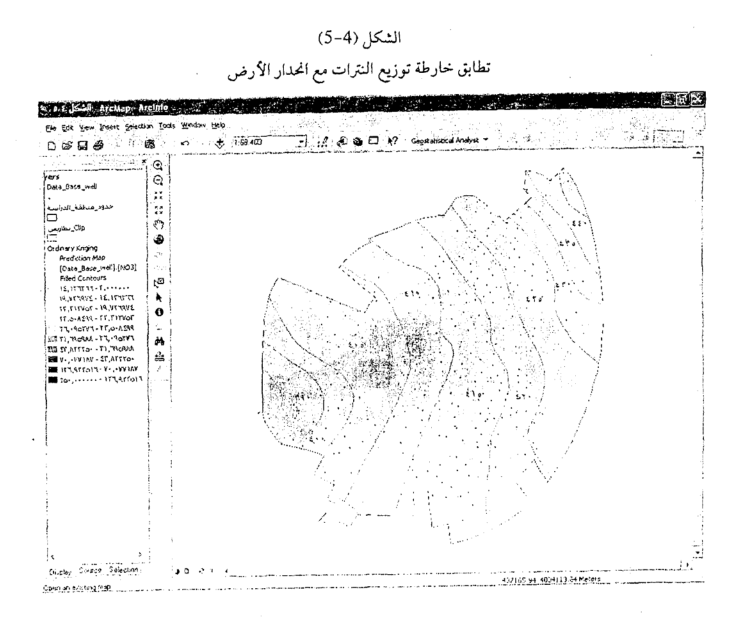
من جانب آخر فان تراكيزها في الأجزاء الشمالية والأجزاء الجنوبية قليل بينما يرتفع في وسط المدينة.

يُفسر الاتجاه العام لانحدار سطح مدينة أربيل نمط توزيع النترات، إذ بمطابقة خارطة توزيع النترات مع خارطة انحدار سطح مدينة أربيل (الشكل 4-5) فيها، يتضح أن أعلى تركيز للنترات يتواجد في أخفض بقعة من المدينة في الأجزاء الجنوبية الغربية ولذلك فهي مصرف للمياه العادمة. كما أسلفنا سابقاً ينظم وادي أربيل الشمالي (بستة بيازة) و وادي أربيل الجنوبي (تعجيل) صرف المياه السطحية والسيول والمياه العادمة المختلفة سواء كانت منزلية أو صناعية أو زراعية في مدينة أربيل باتجاه الجنوب الغربي مروراً بوسط المدينة وهذا ما يؤكد تأثيرها على تركيز هذا العنصر على جانبي المجرى. هذا من جهة ومن جهة أخرى يؤدي إتباع الطرق القديمة للتخلص من الفضلات البشرية باستخدام البالوعات إلى تلوث المياه الجوفية بالنترات، إذ تتسرب المياه الملوثة إلى أعماق الأرض سالكة مجاري المياه الجوفية وهي في منطقة الدراسة شمالية شرقية باتجاه جنوبي غربي، أي مع انحدار السطح نفسه.

يتضح مما سبق أنه يزداد تركيز النترات كلما اتجهنا من الجنوب الشرقي إلى الشمال الغربي و يزداد بوتيرة أكبر كلما اتجهنا من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي. والحصيلة النهائية هو تزايد النترات نحو الجنوب الغربي.

الشكل (4-5)

تطابق خارطة توزيع النترات مع انحدار الأرض



4- 4- 3 تطابق طبقات المعلومات

تتيح برامج نظم المعلومات الجغرافية إمكانية وضع الطبقات المختلفة فوق بعضها البعض لغرض تحليل وتركيب العلاقات المكانية بينها وإعطاء النتائج الكمية لهذه لعلاقات. لذلك فقد قمنا بتطابق الطبقات المعلوماتية لهذا الغرض كالآتي:

4-4-3-1 تحديد المناطق الملوثة بالعناصر الملوثة جميعها

بعد استكمال قيم عنصر القلوية الكلية والنترات للمياه الجوفية في منطقة الدراسة، تم تصنيفها إلى مناطقه صالحة للشرب و مناطقه غير صالحة للشرب بالاعتماد على المعايير العراقية لمياه الشرب (الملحق 2) وإجراء عملية التطابق لمعرفة تقاطع المناطق الملوثة بينها وقد ظهرت النتيجة في الخارطة (4-1) وذلك من خلال أمر INTERSECT.

4-4-3-2 الارتباط الرقمي بين طبقات المعلومات

استخدم معامل الارتباط المكاني في قياس الارتباط بين المناطق الملوثة من جهة وتضاريس سطح الأرض وعمق الآبار وعمق الاستقراري والإنتاجية من جهة أخرى، بصورة رقمية ، وذلك بهدف قياس نسبة الارتباط بين الظاهرتين من خلال المعادلة الآتية :

معامل الارتباط المكاني= المساحة المشتركة بالظاهرتين- مجموع المساحة غير المشتركة بالظاهرتين / مجموع المساحة الكلية[1]

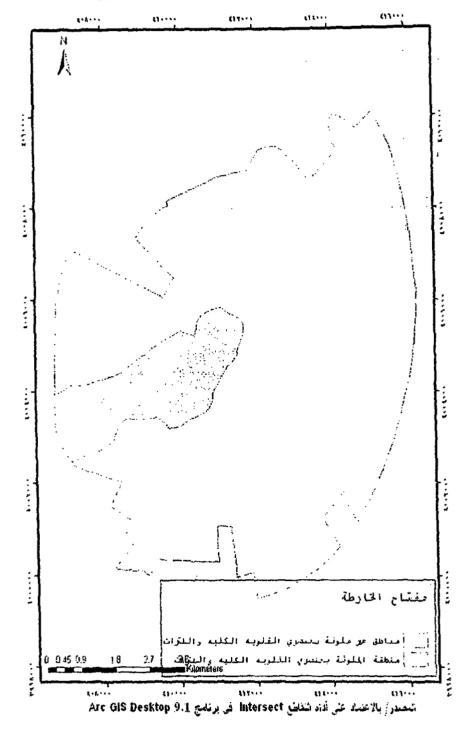
(1) DAVID UNWIN, INTRODUCTORY SPATIAL ANALYSIS, FIRST EDITION, METHUEN & CO. LONDON AND NEW YORK 1981,P189-191.

4-4-3-2-1 مطابقة خرائط المناطق الملوثة مع خارطة تضاريس الأرض

بعد عملية مطابقة خارطة تضاريس الأرض (الخارطة 2-4) مع خارطة توزيع القلوية الكلية (الشكل 3-8) و خارطة توزيع النترات (الشكل 3-9) نتجت عنها الخارطة (4-2) و (4-3)، وظهرت النتائج في الجدول (4-3) و (4-4) على التوالي:

الخارطة (4-1)

تقاطع خارطة توزيع القلويه الكليه مع خارطة توزيع النترات



المصدر/ بالاعتماد على أداة تقاطع Intersect في برنامج Arc GIS Desktop 9.1

الجدول (4-3)

نتائج تطابق خارطتي تضاريس الأرض وتوزيع القلوية الكلية

القلوية الكلية	الارتفاعات عن مستوى سطح البحر		المجموع
	أقل من 410م	أكثر من 410م	
المناطق الملوثة	20430147	9837585	30267732
المناطق غير الملوثة	7646601	30609767	38256368
المجموع	28076748	40447352	68524100

المصدر/ من عمل الباحث بالاعتماد على الخارطة (4-2).

معامل الارتباط بين المناطق الملوثة بالقلوية الكلية والارتفاع الأقل من 410م =

(20430147) - (9837585+7646601+ 30609767) / 68524100= -0.4

الجدول (4-4)

نتائج تطابق خارطتي تضاريس الأرض وتوزيع النترات

النترات	الارتفاعات عن مستوى سطح البحر		المجموع
	أقل من 410م	أكثر من 410م	
المناطق الملوثة	7710401	-	7710401
المناطق غير الملوثة	20366364	40447409	60813773
المجموع	28076765	40447409	68524174

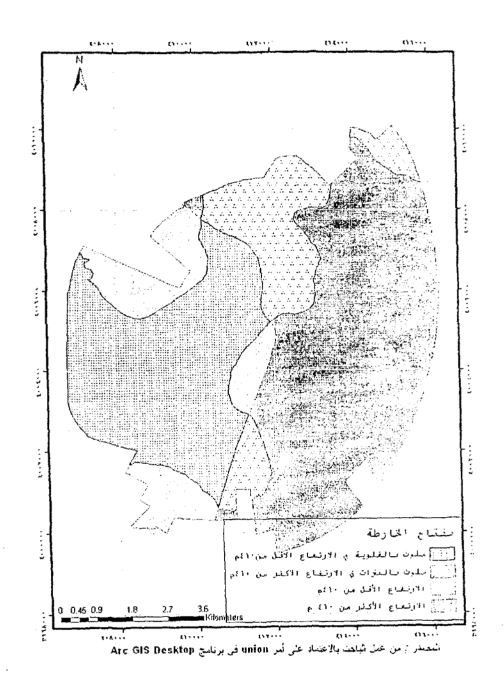
المصدر/ من عمل الباحث بالاعتماد على الخارطة (4-3).

معامل الارتباط بين المناطق الملوثة بالنترات والارتفاع الأقل من 410م =

(7710401) - (20366364+40447409) / 68524174 = -0.77

الخارطة (4-2)

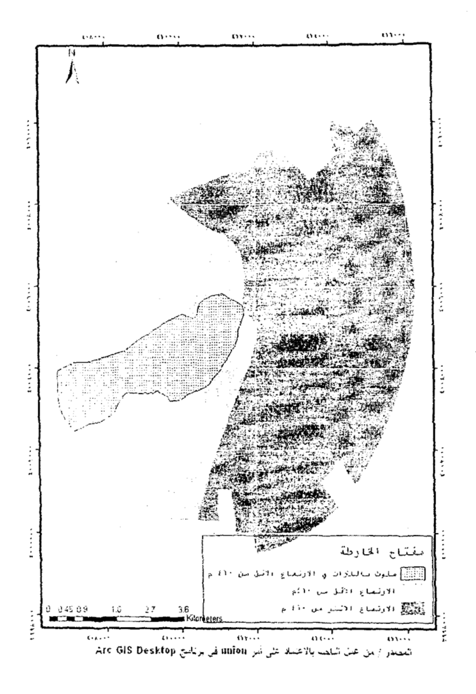
تطابق خارطة توزيع القلوية الكلية مع خارطة تضاريس الارض



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على أمر **union** في برنامج **Arc GIS Desktop**

الخارطة (3-4)

تطابق خارطة توزيع النترات مع خارطة تضاريس الارض



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على امر union في برنامج Arc GIS Desktop

4-4-3-2-2 مطابقة خرائط المناطق الملوثة مع خارطة أعماق الآبار

بعد مطابقة خارطة أعماق الآبار (الشكل 4-6) مع خارطة توزيع القلوية الكلية (الشكل 3-8) و خارطة توزيع النترات (الشكل 3-9) نتجت عنها الخارطة (4-4) و (4-5)، وظهرت النتائج في الجدول (4-5) و (4-6) على التوالي:

الجدول (4-5)

نتائج تطابق خارطتي أعماق الآبار وتوزيع القلوية الكلية

القلوية الكلية	عمق الآبار		المجموع
	أقل من 192.5م	أكثر من 192.5م	
المناطق الملوثة	19675595	10592390	30267985
المناطق غير الملوثة	18429180	19836740	38265920
المجموع	38104775	30429130	68533905

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الخارطة (4-4).

معامل الارتباط بين المناطق الملوثة بالقلوية الكلية والعمق الأقل من 192.5م =

(19675595) – (10592390+18429180+19836740) / 68533905= –0.42

الجدول (4-6)

نتائج تطابق خارطتي أعماق الآبار وتوزيع النترات

النترات	عمق الآبار		المجموع
	أقل من 192.5م	أكثر من 192.5م	
المناطق الملوثة	7516870	193500	7710370
المناطق غير الملوثة	30588041	30235659	60823700
المجموع	38104911	30429159	68534070

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الخارطة (4-5).

معامل الارتباط بين المناطق الملوثة بالنترات والعمق الأقل من 192.5م =

0.78- =68534070 / (193500+30588041+30235659) - (7516870)

الشكل (4-٦)

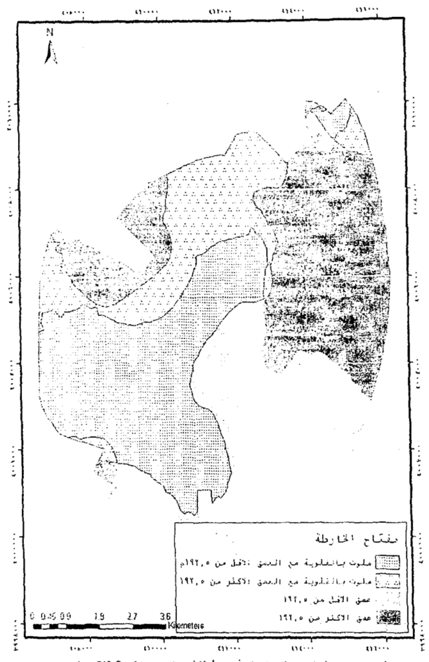
توزيع أعماق الآبار في منطقة الدراسة



المصدر/ من عمل الباحث بالاعتماد على (الملحق 4)

الخارطة (4-4)

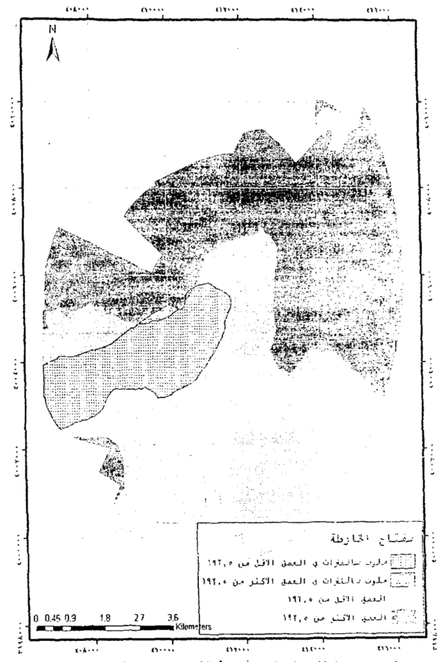
تطابق خارطة أعماق الآبار مع خارطة توزيع القلوية الكلية



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على أمر **Union** في برنامج **Arc GIS Desktop**

الخارطة (4-5)

تطابق خارطة أعماق الآبار مع خارطة توزيع النترات



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على أمر Union في برنامج Arc GIS Desktop

4-4-3-2-3 مطابقة خرائط المناطق الملوثة مع خارطة عمق الاستقراري للآبار

بعد مطابقة خارطة عمق الاستقراري للآبار (الشكل 4-7) مع خارطة توزيع القلوية الكلية (الشكل3-8) و خارطة توزيع النترات (الشكل 3-9) نتجت عنها الخارطة (4-6) و (4-7)، وظهرت النتائج في الجدول (4-7) و (4-8) على التوالي:

الجدول (4-7)

نتائج تطابق خارطتي عمق الاستقراري للآبار وتوزيع القلوية الكلية

القلوية الكلية	عمق الاستقراري للآبار		المجموع
	أقل من 63م	أكثر من 63م	
المناطق الملوثة	18254492	12013585	30268077
المناطق غير الملوثة	22240535	16025401	38265936
المجموع	40495027	28038986	68534013

المصدر/ من عمل الباحث بالاعتماد على الخارطة (4-6).

معامل الارتباط بين المناطق الملوثة بالقلوية الكلية والعمق الاستقراري الأقل من 63م=

0.46-=68534013 / (12013585+22240535+16025401) / (18254492)

الجدول (4-8)

نتائج تطابق خارطتي عمق الاستقراري للآبار وتوزيع النترات

النترات	عمق الاستقراري للآبار		المجموع
	أقل من 63م	أكثر من 63م	
المناطق الملوثة	6809970	900415	7710385
المنـــاطق غـــير الملوثة	33685086	27138625	60823711
المجموع	40495056	28039040	68534096

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الخارطة (4-7).

معامل الارتباط بين المناطق الملوثة بالنترات والعمق الاستقراري الأقـل مـن 63م=

0.8- =68534096 / (900415+33685086+27138625) - (6809970)

الشكل (4-7)

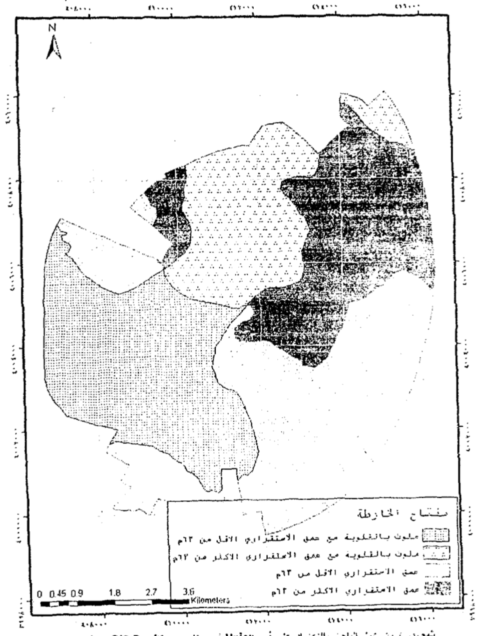
توزيع عمق الاستقراري للآبار في منطقة الدراسة



المصدر/ من عمل الباحث بالاعتماد (الملحق 4)

الخارطة (4-6)

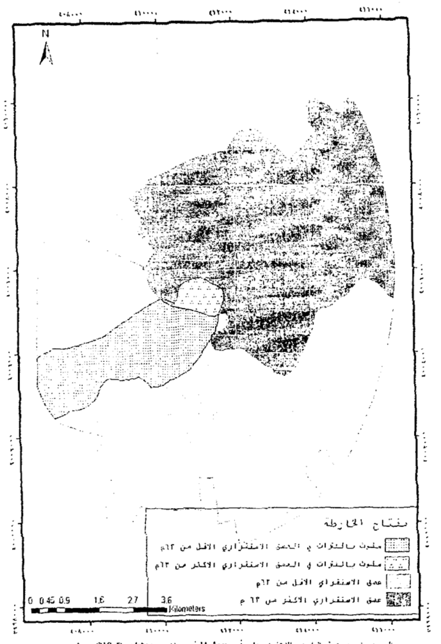
تطابق خارطة عمق الاستقراري للآبار مع خارطة توزيع القلوية الكلية



المصدر / من عمل الباحث بالاعتماد على أمر Union في برنامج Arc GIS Desktop

الخارطة (4-7)

تطابق خارطة عمق الاستقراري للآبار مع خارطة توزيع النترات



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على أمر Union في برنامج Arc GIS Desktop

4-4-3-2-4 مطابقة خرائط المناطق الملوثة مع خارطة إنتاجية الآبار

بعد مطابقة خارطة إنتاجية الآبار (الشكل 4-8) مع خارطة توزيع القلوية الكلية (الشكل3-8) و خارطة توزيع النترات (الشكل 3-9) نتجت عنها الخارطة (4-8) و (4-9)، وظهرت النتائج في الجدول (4-9) و (4-10) على التوالي:

الجدول (4-9)

نتائج تطابق خارطتي إنتاجية الآبار وتوزيع القلوية الكلية

القلوية الكلية	إنتاجية الآبار		المجموع
	أكثر من 110غ/ د	أقل من 110غ/ د	
المناطق الملوثة	21266335	9001705	30268040
المناطق غير الملوثة	19613405	18652515	38265920
المجموع	40879774	27654220	68533960

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الخارطة (4-8).

معامل الارتباط بين المناطق الملوثة بالقلوية الكلية والإنتاجية الاكثر من 110 غ/ د =

0.37- =68533960 / (9001705+19613405+18652515) – (21266335)

الجدول (4-10)

نتائج تطابق خارطتي إنتاجية الآبار وتوزيع النترات

النترات	إنتاجية الآبار		المجموع
	أكثر من 110غ/ د	أقل من 110غ/ د	
المناطق الملوثة	7710395	-	7710395
المنـــاطق غـــير الملوثة	33169396	27654275	60823671
المجموع	40879791	27654275	68534066

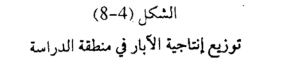
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الخارطة (4-10).

معامل الارتباط بين المناطق الملوثة بالنترات والإنتاجية الأقل من 110غ/ د=

0.77- =(33169396+27654275) - (7710395)

الشكل (4-8)

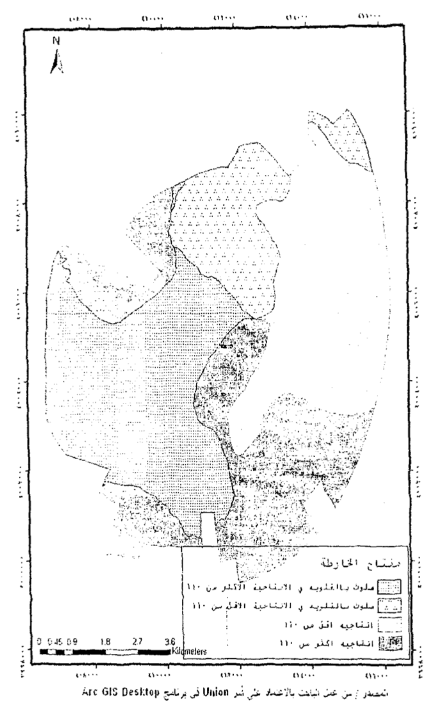
توزيع إنتاجية الآبار في منطقة الدراسة



المصدر/ من عمل الباحث بالاعتماد طريقة (الملحق 4)

الخارطة (4-8)

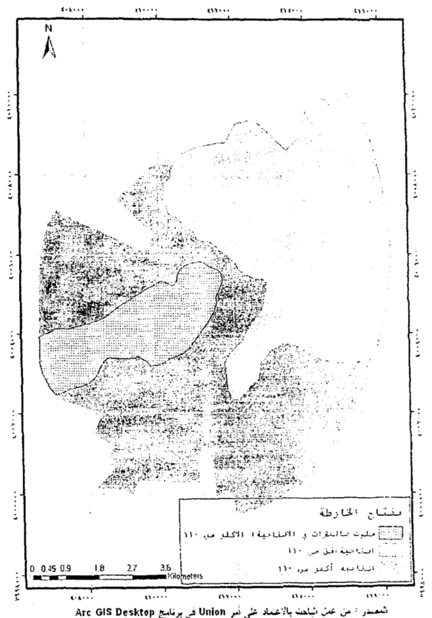
تطابق خارطة انتاجية الآبار مع خارطة توزيع القلوية الكلية



المصدر / من عمل الباحث بالاعتماد على امر Union في برنامج Arc GIS Desktop

الخارطة (4-9)

تطابق خارطة انتاجية الآبار مع خارطة توزيع النترات



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على أمر Union في برنامج Arc GIS Desktop

الخاتمة

توصل الباحث إلى جملة استنتاجات وهي:

1- إن مدينة أربيل من المدن المهمة في العراق إذ تقع بين دائرتي عرض (36.07.08-36.13.08) شمالاً وخطي الطول (44.03.06-43.57.06) شرقاً وتبلغ مساحتها (68.534) كم2 ويبلغ عدد سكانها (844867) نسمة، وأن التوسع المساحي وزيادة عدد سكانها في السنوات الأخيرة انعكس على زيادة معدلات استهلاك المياه للاستعمالات المختلفة الأمر الذي جعلها تتعرض للتلوث بمختلف العناصر الطبيعية والكيماوية والحيوية.

2- لم يتعد معدل تركيز الخصائص الطبيعية والكيماوية لمياه الآبار المدروسة الحدود العليا المسموح بها للشرب عراقياً سوى عنصر القلوية الكلية إذ بلغ (202) ملغم/ لتر في حين أن المعيار العراقي المعمول به هو (200) ملغم/ لتر وهذا يشير إلى وجود تلوث. وتتماثل جميع عناصر الخصائص المذكورة في التوزيع على مستوى منطقة الدراسة إذ يظهر الانحراف المعياري أقل من المعدل عدا عنصر العكرة الذي يتميز بالتباين المكاني في التوزيع على مستوى منطقة الدراسة، إذ يظهر الانحراف المعياري له أعلى من المعدل.

3- أظهرت الدراسة تعرض الآبار المدروسة للتلوث الحيوي وقد بلغ عددها 79 بئراً وتشكل نسبة قدرها 25.3٪ من الآبار الكلية وهذا يعد مؤشراً

على اختلاطها بالفضلات البشرية. وأظهرت العشوائية في انتشارها مما يعود إلى المتغيرات المحلية.

4- يتباين توزيع عناصر المياه الجوفية في الآبار المدروسة من بئر إلى آخر ومن منطقة إلى أخرى كالآتي:

أ- الخصائص الطبيعية/ لم يشكل تباين توزيعها أنماطاً للتلوث.

ب- الخصائص الكيماوية/ شكل عنصرا القلوية الكلية والنترات نمطاً متجمعاً للتلوث في أجزاء من منطقة الدراسة.

5- التأكيد على استكشاف البيانات لمعرفة طبيعة توزيعها و اتجاهاتها المكانية وارتباطاتها الذاتية المكانية قبل تشكيل السطح الإحصائي، التي تؤثر على نتائج السطح المتوقع.

6- مقارنة الأداء التجريبي النسبي لطرائق الاستكمال لاختيار الطريقة المثالية، إذ لا توجد طريقة مثالية يمكن الاعتماد عليها لاستكمال قيم الظاهرات جميعها في الأماكن المختلفة.

7- تقييم أداء النموذج المستخدم لاستكمال بيانات الظاهرات المدروسة لمعرفة صلاحية النموذج لإنتاج الخارطة. أظهرت الدراسة بأن جميع طرائق الاستكمال الموجودة في برنامج ARC GIS DESKTOP 9.1 تصلح لإنتاج خريطة القلوية الكلية والنترات في منطقة الدراسة.

8- تؤثر العوامل الطبيعية على تلوث المياه الجوفية في مدينة أربيل من خلال التكوينات الجيولوجية المتمثلة بصخور الجير الذي يعمل على رفع تركيز القلوية الكلية فيها.

9- تؤثر التربة السائدة في منطقة الدراسة على تركيز مجموعة العناصر المؤثرة على المياه الجوفية بسبب تنشيط عمليات التجوية الكيماوية فيها.

10- تتعدد مصادر تلوث المياه الجوفية في منطقة الدراسة وتتضمن ملوثات الهواء والمياه العادمة المنزلية والصناعية من خلال الاستخدامات المختلفة.

11- إتباع الطرائق القديمة للتخلص من الفضلات البشرية من خلال البالوعات، إذ تتسرب المياه الملوثة مباشرة إلى باطن الأرض وتختلط بالمياه الجوفية.

12- عدم كفاية مجاري المياه لصرف المياه السطحية والسيول والمياه العادمة الأمر الذي يجعل من احتمالية زيادة نسبة تلوث المياه كبيرة.

13- تبين وجود علاقة بين نمط توزيع النترات من جهة والقلوية الكلية من جهة أخرى مع انحدار سطح الأرض في مدينة أربيل، إذ يقل تركيزها في المناطق المرتفعة ويزداد في المناطق المنخفضة.

14- يتزايد تركيز القلوية الكلية من الجنوب الشرقي إلى الشمال الغربي ويزداد بوتيرة أكبر كلما اتجهنا من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي. ومحصلة هذين الاتجاهين هو تركيزها في الجنوب الغربي. وسبب تركيزها بهذه الكمية يعود إلى التكوينات الجيولوجية من خارج منطقة الدراسة.

15- يتزايد تركيز النترات من الجنوب الشرقي إلى الشمال الغربي ويزداد بوتيرة أكبر من الشمال الشرقي صوب الجنوب الغربي. ومحصلة هذين

الاتجاهين هو تزايدها في الأجزاء الجنوبية الغربية. بسبب تأثير مجرى وادي أربيل الشمالي و وادي أربيل الجنوبي.

توسيع قاعدة البيانات الجغرافية المستخدمة في الدراسة من قبل الجهات المعنية بتوفير ومراقبة المياه، لإدارة وتقويم وتحليل الآبار بوصفهما وسيلة تتصف بالسرعة والدقة وتحديد المخرجات على هيئة خرائط وأشكال بيانية وبيانات إحصائية مجدولة. والاستعانة بمراكز نظم المعلومات الجغرافية والاستفادة من البرامج الجاهزة المتوفرة وإمكانية تطوير هذه البرامج لتوسيع قابليتها على معالجة الحالات المحتملة كلها.

إمكانية فتح دورات لتدريب المتخصصين في مجال البيئة على برامج نظم المعلومات الجغرافية ذات الكفاءة العالية وتطوير أدائهم لمعالجة مشكلات التلوث.

محاولة تركيز مصادر المياه ضمن تجمعات معينة وإنشاء خزانات عالية لجعل عمليات المعالجة مركزية، وإنشاء محطات معالجة المياه ضمن المواصفات العالية.

إنشاء مجاري للمياه العادمة للاستغناء عن البالوعات التي لا تفي بالغرض وتسبب مشاكل بيئية.

تكملة مجاري مياه الأمطار لكافة أحياء المدينة.

الحد من حفر آبار جديدة في الأجزاء الجنوبية الغربية من المدينة التي يزيد فيها تركيز النترات والقلوية الكلية.

ربط شبكات إسالة مياه الآبار مع شبكات إسالة مياه الإفراز لتخفيف تركيز العناصر الملوثة.

إيجاد وسيلة بديلة للمياه الجوفية ولاسيما في المناطق الملوثة.

إجراء فحوصات للعناصر السامة في منطقة الدراسة بسبب وجود المناطق الصناعية فيها.

المصادر

المصادر

الدوائر الحكومية:

1- حكومة إقليم كردستان العراق، وزارة البلديات، مديرية العامة لماء محافظة أربيل، قسم المختبر، سجلات غير منشورة، 2004.

2- حكومة إقليم كردستان العراق، وزارة البلديات، مديرية مجاري أربيل، قسم الفني، خرائط غير منشورة، 2007.

3- حكومة إقليم كردستان العراق، وزارة النقل ، محطة أربيل للأنواء الجوية، سجلات غير منشورة، مابين سنة 1992-2006.

4- حكومة إقليم كردستان، وزارة البلديات بالتنسيق مع شركة دار الهندسة للتصميم ونظم والمعلومات الجغرافية، قسم التخطيط العمراني، خرائط غير منشورة،2005.

5- حكومة إقليم كردستان العراق، وزارة الزراعة والري، المديرية العامة للري ومصادر المياه، مديرية المياه الجوفية في أربيل، شعبة التخطيط، سجلات غير منشورة،2004.

6- التقرير السنوي 2001، حكومة إقليم كردستان العراق، وزارة الصحة والشؤون الاجتماعية، دائرة صحة أربيل، قسم الوقاية الصحية وحماية البيئة، شعبة حماية البيئة.

7- حكومة إقليم كردستان العراق، وزارة الداخلية، مديرية مرور أربيل، سجلات غير منشورة،2007.

8- حكومة إقليم كردستان العراق، وزارة الصناعة، مديرية العامة للصناعة، سجلات غير منشورة،2007.

الاطاريح والرسائل الجامعية :

1- أسباهية يونس المحسن، المياه الجوفية في منطقة سنجار واستخداماتها، رسالة ماجستير مقدمة إلى قسم الجغرافية- كلية الآداب- جامعة بغداد، غير منشورة، 1985.

2- أفراح كافي محمد النبوي، هيدروجيولوجية وهيدروكيميائية حوض حرير، رسالة ماجستير مقدمة إلى قسم علم الأرض-كلية العلوم- جامعة صلاح الدين، غير منشورة، 2002.

3- بارزان عمر أحمد، دراسة على المنغنيز في بعض ترب شمال العراق، رسالة ماجستير مقدمة إلى كلية الزراعة-جامعة صلاح الدين، غير منشورة، 1984.

4- دياري علي محمد أمين المنمي، دراسة كيميائية وبيئية للمياه الجوفية في مدينة السليمانية وضواحيها، رسالة ماجستير مقدمة إلى قسم علم الأرض-كلية العلوم-جامعة بغداد، غير منشورة، 2002.

5- ساكار بهاء الدين عبد الله آل مدرس، الأنماط السكنية في مدينة أربيل، رسالة ماجستير مقدمة إلى قسم الجغرافية-كلية الآداب-جامعة صلاح الدين، غير منشورة ،2003.

6- سحر سعيد الطائي، استخدام النموذج الرقمي للتضرس في تشكيل خارطة كثافة السكان لمدينة الموصل، رسالة ماجستير مقدمة إلى قسم الجغرافية- كلية التربية- جامعة الموصل، غير منشورة،2001.

7- غانم محمود ظاهر الحاصود، التنبؤ عن العملية العشوائية المكانية، رسالة ماجستير مقدمة إلى قسم الرياضيات-كلية التربية- جامعة الموصل، غير منشورة، 1999.

8- مريوان أكرم حمه سعيد جناره يي، هيدروجيولوجية وهيدروكيميائية حوض كبران الثانوي، رسالة دكتوراه مقدمة إلى كلية العلوم-جامعة بغداد، غير منشورة، 2003.

9- مزكين محمد حسن، إنشاء قاعدة البيانات السكانية لمدينة مانكيش/ دراسة في نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير مقدمة إلى قسم الجغرافية- كلية التربية-جامعة الموصل، غير منشورة، 2005.

10- هاشم ياسين حمد أمين حداد، أطلس الموارد الطبيعية لمحافظة أربيل وإدارة الأرض فيها للأغراض الزراعية/ دراسة كارتوكرافية، رسالة ماجستير مقدمة إلى قسم الجغرافية-كلية الآداب-جامعة صلاح الدين، غير منشورة،2000.

11- يحيى عباس حسين، المياه الجوفية في الهضبة الغربية من العراق وأوجه استثمارها، رسالة ماجستير ، مقدمة إلى قسم الجغرافية- كلية الآداب- جامعة بغداد، غبر منشورة، 1983.

البحوث المنشورة:

1- سامر الجودي، مبادئ نظام المعلومات الجغرافية، مجلة التصميم بالحاسوب، الانترنت (WWW.CADMAGAZINE.COM/PCMAGAZINE) 20/ 11/ 2006.

2- علي محمود سورداشي، دراسة الوضع الترسيبي والتكتوني في سهل أربيل خلال فترة العصر الرباعي، مجلة زانكو للعلوم الصرفة ، جامعة صلاح الدين، 2003، ص3.

3- عماد الدين عمر حسن، احتياجات المياه لمدينة أربيل حتى عام 2025، مجلة هه ولير تصدر باللغة الكردية، العدد5، مطبعة الثقافة، أربيل،2000.

4- محمد نذير محمد قاسم وغانم محمود الحاصود، استكمال في الإحصاء المكاني للبيانات ذات الالتواء الموجب، المجلة العراقية للعلوم الإحصائية، العدد 6 لسنة 2004.

5- ليلى محمد قهرمان، التوزيع الجغرافي للترب في محافظة أربيل، مجلة زانكو للعلوم الإنسانية، جامعة صلاح الدين، 1998، ص192.

الكتب:

1- أزاد محمد أمين وتغلب جرجيس داود، جغرافية الموارد الطبيعية، دار الحكمة، البصرة،1990.

2- أحمد الفرج العطيات، البيئة/ الداء والدواء، دار الميسرة، عمان، 1997.

3- أيمن سليمان مزاهرة وعلي فالح الشوابكة، البيئة والمجتمع، دار الشروق، عمان، 2003.

4- جمال أحمد الحسين، الإنسان وتلوث البيئة، دار الأمل، اربد، 2004.

5- حسين علي السعدي، أساسيات علم البيئة والتلوث، دار اليازوري، عمان، 2006.

6- رجاء وحيد دويدري ، المرجع في التوسع الحضري المعاصر في الوطن العربي وأثاره البيئية في الموارد المائية، منشورات جامعة دمشق، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، مطبعة الداودي، بدون مكان الطبع، 2004.

7- ــــــــــــ ، البيئة، دار الفكر، دمشق، 2004.

8- سامح الغرايبة ويحيى الفرحان، المدخل إلى العلوم البيئية، ط4، دار وائل، عمان،2003.

9- سعاد عبد عباوي ومحمد سليمان حسن، الهندسة العملية للبيئة/ فحوصات الماء ، دار الحكمة، الموصل،1990.

10- سعدية عاكول الصالحي وعبد العباس فضيح الغريري، البيئة والمياه، دار صفاء، عمان، 2004.

11- سميح محمود أحمد عودة، نظم المعلومات الجغرافية/ وتطبيقاتها في رؤية جغرافية، دار الميسرة، عمان، 2005.

12- شاكر خصباك، العراق الشمالي/ دراسة لنواحي الطبيعية والبشرية، مطبعة شفيق، بغداد،1973.

13- عبد الرحمن أحمد كزنيي، أربيل ومياه الشرب في الماضي والحاضر، مطبعة وزارة التربية، أربيل، 1997.

14- عبد القادر عابد وآخرون، أساسيات علم البيئة، ط2، دار وائل، عمان، 2005.

15- علي لبيب وآخرون، قاموس الجغرافية، الدار العربية للعلوم، بيروت، 2004.

16- علياء حاتوغ بوران، ومحمد حمدان أبودية، علم البيئة، ط2، دار الشروق، عمان،2000.

17- عيسى على إبراهيم، الأساليب الإحصائية والجغرافية، دار المعرفة الجامعية،ط2،الاسكندرية، 1999.

18- قاسم محمد الدويكات، أنظمة المعلومات الجغرافية، الطبعة الأولى، مطبعة بلا،الأردن، ،2000.

19- محمد الخزامي عزيز، نظم المعلومات الجغرافية/ أساسيات وتطبيقات للجغرافيين، منشأة المعارف، ط2، الاسكندرية، 2000.

20- محمود حسن المشهداني وآخرون، الإحصاء الجغرافي، مطبعة جامعة صلاح الدين، أربيل، 1987.

21- مهدي محمد علي الصحاف، الموارد المائية في العراق وصيانتها من التلوث، دار الحرية، بغداد، 1976.

22- موفق عدنان الحميري ونبيل زعل الحوامدة، الجغرافية السياحية في القرن الحادي والعشرون، مطبعة الحامد، عمان، 2006.

23- وفيق حسين الخشاب وآخرون، الموارد الطبيعية، دار الحرية، بغداد، 1976.

مصادر باللغة الانكليزية

1- Buringh.p. Soils and soil condition in Iraq, Ministry of Agriculture, Baghdad, 1960.

2- DAVID UNWIN, INTRODUCTORY SPATIAL ANALYSIS, FIRST EDITION, METHUEN & CO. LONDON AND NEW YORK 1981.

3- ESRI, USING GEOSTATISTICAL ANALYST, USA,2001.

4- FERENC SÁRKÖZY, GIS FUNCTIONS – INTERPOLATION. INTERNET HTTP://WWW.AGT.BME. HU/PUBLIC_E/FUNCINT/FUNCINT.HTML.26/5/2007.

5-HELP ARC GIS DESKTOP 9.1, GIS DICTIONARY.

6- NASSER A. ALSAARAN, EXPERIMENTAL PERFORMANCE OF SPATIAL INTERPOLATORS FOR GROUND WATER SALINITY. INTERNET (HTTP://AJSE.KFUPM.EDU.SA/ARTICLES/301A_01P.PDF). 26/5-2007.

7- SPATIAL AUTOCORRELATION. INTERNET: (WWW.CSS.CORNELL.EDU/COURSES/620/LECTURE9.PP)20/8/200

المقابلات الشخصية

1- مقابلة شخصية مع المهندس سرود عبد المجيد، مدير مجاري أربيل، بتاريخ 6/ 8/ 2007.





دار غيداء للنشر والتوزيع

تلاع العلي - شارع الملكة رانيا العبدالله
تلفاكس : 5353402 6 962+
ص.ب : 520946 عمان 11152 الأردن

مجمع العساف التجاري - الطابق الأول
خلــوي : 95667143 7 962+
E-mail: darghidaa@gmail.com